

Der Jahrringaufbau der Kiefer  
(*Pinus silvestris*, L.)  
und seine jährlichen Variationen

– röntgendensitometrische  
Jahrringanalyse an Kiefern aus Süd-  
westdeutschland und Südnorwegen  
mit dendroklimatologischer  
und dendrochronologischer  
Auswertung

DISSERTATION

zur

Erlangung des Doktorgrades

der

Forstwissenschaftlichen Fakultät

der

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg i.Br.

vorgelegt von

Tilman von der Kall  
aus Güglingen

1978

1979



Der Jahrringaufbau der Kiefer  
(*Pinus silvestris*, L.)  
und seine jährlichen Variationen

– röntgendensitometrische  
Jahrringanalyse an Kiefern aus Süd-  
westdeutschland und Südnorwegen  
mit dendroklimatologischer  
und dendrochronologischer  
Auswertung

DISSERTATION

zur

Erlangung des Doktorgrades  
der

Forstwissenschaftlichen Fakultät  
der

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg i.Br.

vorgelegt von  
Tilman von der Kall  
aus Güglingen

1978

Dekan: Professor Dr.H.J. Braun

Referent: Professor Dr.H.J. Braun

Korreferent: Professor Dr. H.U. Moosmayer

Tag der Verkündigung des Prüfungsergebnisses: 12.2.1979



Der Jahrringaufbau der Kiefer (Pinus silvestris, L.)  
und seine jährlichen Variationen

- röntgendensitometrische Jahrringanalysen an Kiefern  
aus Südwestdeutschland und Südnorwegen mit  
dendroklimatologischer und dendrochronologischer  
Auswertung

Gliederung

|         |                                                                                                      | Seite |
|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 1.      | Einleitung                                                                                           | 1     |
| 2.      | Material und Methode                                                                                 | 6     |
| 2.1     | Untersuchungs- und Vergleichs-<br>material                                                           | 6     |
| 2.2     | Witterungstabellen                                                                                   | 8     |
| 2.3     | Die Röntgendensitometrie als Mittel<br>zur Beschreibung des Jahrring-<br>aufbaus                     | 8     |
| 2.3.1   | Einordnung nach der Methodik                                                                         | 8     |
| 2.3.2   | Allgemeine Grundlagen                                                                                | 9     |
| 2.3.3   | Die Entstehung der Röntgen-<br>densitometrie                                                         | 9     |
| 2.3.4   | Die modernen Verfahren der<br>Röntgendensitometrie                                                   | 10    |
| 2.3.4.1 | Das von Polge begründete Verfahren                                                                   | 10    |
| 2.3.4.2 | Moving-Slit-Verfahren                                                                                | 11    |
| 2.3.5   | Verbreitung und Untersuchungsbe-<br>reiche der Röntgendensitometrie                                  | 12    |
| 2.4     | Herstellung und rechnerische Aus-<br>wertung der Dichtepprofile für die<br>drei untersuchten Gruppen | 13    |
| 2.5     | Beschreibung und Charakterisierung<br>der Dichtepprofile                                             | 13    |

|         |                                                                                                     | Seite |
|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 2.6     | Methodik der statistischen Auswertung                                                               | 17    |
| 2.6.1   | Ziele                                                                                               | 17    |
| 2.6.2   | Umfang der Erhebung                                                                                 | 17    |
| 2.6.3   | Prüfung und Ausgleich von mittel- und langfristigen Merkmalsvariationen                             | 18    |
| 2.6.4   | Berechnung der Beziehungen zwischen zwei Zeitreihen                                                 | 18    |
| 2.6.4.1 | Korrelationsrechnungen                                                                              | 19    |
| 2.6.4.2 | Gleichläufigkeitsprozent                                                                            | 20    |
| 2.6.4.3 | Gemeinsame Verwendung mehrerer Profilmerkmale für dendrochronologische Untersuchungen               | 23    |
| 3.      | Ergebnisse                                                                                          | 26    |
| 3.1     | Das Dichteprofil des Kiefern-jahrrings                                                              | 26    |
| 3.2     | Beziehungen zwischen den Profilmerkmalen innerhalb der Untersuchungsgruppen                         | 30    |
| 3.3     | Dendroklimatologische Beziehungen                                                                   | 37    |
| 3.3.1   | Zusammenfassende zeitliche Ordnung der Bezugswerte                                                  | 37    |
| 3.3.2   | Die Beziehungen der Witterungsmerkmale zu den einzelnen Profilmerkmalen                             | 39    |
| 3.4     | Dendrochronologische Ergebnisse                                                                     | 44    |
| 3.4.1   | Vergleich von Einzelmerkmalen                                                                       | 44    |
| 3.4.2   | Vergleich von getrennter und gemeinsamer dendrochronologischer Verwendung mehrerer Jahrringmerkmale | 46    |
| 4.      | Diskussion                                                                                          | 49    |
| 4.1     | Mängel und Grenzen der Methodik                                                                     | 49    |
| 4.1.1   | Technik                                                                                             | 49    |

|       |                                                                                                | Seite |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 4.1.2 | Stichprobenumfang                                                                              | 49    |
| 4.1.3 | Repräsentanz der Stichproben                                                                   | 50    |
| 4.1.4 | Signifikanzschwellen                                                                           | 50    |
| 4.1.5 | Wertung der Beziehungsmaße                                                                     | 51    |
| 4.2   | Das Dichteprofil als Mittel zur Charakterisierung des Jahrring-aufbaus                         | 53    |
| 4.2.1 | Untersuchte Merkmale                                                                           | 53    |
| 4.2.2 | Anatomische Interpretation des Dichteprofiles der Kiefer                                       | 53    |
| 4.2.3 | Mittel- und langfristige Merkmalsvariationen                                                   | 55    |
| 4.2.4 | Merkmalsunterschiede zwischen den Gruppen                                                      | 55    |
| 4.2.5 | Versuch einer pflanzen-systematischen Interpretation des Dichteprofiles der Kiefer             | 56    |
| 4.3   | Diskussion der Beziehungen zwischen den Profilmerkmalen innerhalb der Untersuchungsgruppen     | 59    |
| 4.4   | Diskussion der dendroklimatologischen Beziehungen                                              | 61    |
| 4.4.1 | Vorbemerkung zu bisherigen Untersuchungen über Einflüsse der Witterung auf die Jahrringbildung | 61    |
| 4.4.2 | Streufaktoren                                                                                  | 64    |
| 4.4.3 | Beziehungen der Witterungsmerkmale des Vorjahres zu den Profilmerkmalen                        | 68    |
| 4.4.4 | Beginn und Ende der Witterungsbeziehungen zum Frühholz- und Spätholzbereich des Jahrrings      | 70    |
| 4.4.5 | Die Beziehungen der Witterung zur Jahrringbreite und ihren Abschnitten                         | 72    |
| 4.4.6 | Die Beziehungen der Witterung zum Dichteverlauf                                                | 73    |
| 4.5   | Diskussion der dendrochronologischen Beziehungen                                               | 79    |

|         |                                                                                                                                                                                                       | Seite |
|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 4.5.1   | Dendrochronologische Wertung                                                                                                                                                                          | 79    |
| 4.5.2   | Standörtlich-geographische<br>Wertung der dendrochronologischen<br>Beziehungen                                                                                                                        | 80    |
| 5.      | Ausblick                                                                                                                                                                                              | 82    |
| 6.      | Zusammenfassung                                                                                                                                                                                       | 84    |
| 7.      | Literatur und Quellen                                                                                                                                                                                 | 88    |
| Anlagen |                                                                                                                                                                                                       | 95    |
| 1       | Kennzahlen zur Größe der<br>Profilmerkmale                                                                                                                                                            | 95    |
| 2       | Beziehungen zwischen den Profil-<br>merkmalen innerhalb der Unter-<br>suchungsgruppen                                                                                                                 | 96    |
| 3       | Beziehungen von Witterungs- zu<br>Profilmerkmalen                                                                                                                                                     | 111   |
| 4       | Korrelationen (r) und Gleich-<br>läufigkeiten (GL) zwischen den-<br>selben Merkmalen verschiedener<br>Untersuchungsgruppen (dendro-<br>chronologische Ergebnisse)<br>- Vergleich von Einzelmerkmalen- | 126   |
| 5       | Abhängigkeiten zwischen den<br>Gleichläufigkeiten verschie-<br>dener Merkmale                                                                                                                         | 128   |
| 6       | Gleichläufigkeitsprozente<br>zwischen Witterungsmerkmal des<br>laufenden Jahres und selbem<br>Merkmal des Vorjahres                                                                                   | 129   |

## V O R W O R T

Während eines Studienjahres an der Französischen Forsthochschule in Nancy hatte ich Gelegenheit, die Entwicklung der Röntgendsitometrie durch Hubert Polge kennenzulernen. Die ersten Untersuchungsergebnisse zeigten, daß die Jahrringanalyse durch die Röntgendsitometrie erheblich erleichtert wurde, insbesondere, daß die Variationen des Jahrringaufbaus mit geringem Zeitaufwand erforschbar wurden. So entstanden mein Wunsch und meine Neugier, selbst einmal eine Baumart densitometrisch zu untersuchen.

Die vorliegenden Ergebnisse sollen zeigen, wie mithilfe der röntgendsitometrischen Jahrringanalyse die Vorstellungen über die Beziehungen zwischen Witterung und Jahrringaufbau ergänzt und die Möglichkeiten der Datierung von Holzproben anhand verschiedener Jahrringmerkmale erweitert werden können.

Dankbar bin ich allen Damen und Herren, von welchen ich für diese Arbeit Unterstützung, Material, Rat und anregendes Interesse erhielt.

Herr Dr. H. Polge, Leiter des Instituts für Erforschung der Holzqualität an der Französischen Forstlichen Forschungsanstalt in Einville-Champenoux bei Nancy, stellte mir die Einrichtungen seines Instituts für die Fertigung der Röntgendsichtprofile zur Verfügung. Hierbei unterstützten mich Frau Garos, Herr R. Keller und Herr Tiercelin.

Herr Professor Dr. H. U. Moosmayer, Leiter der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg in Freiburg i.Br., gab mir vielfachen Rat, insbesondere zur Methodik der statistischen Auswertung.

Frau U. Niemann, Diplommathematikerin bei der Abteilung Biometrie und Informatik in der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg in Freiburg i.Br., beriet mich besonders zur Frage der gemeinsamen Verwendung mehrerer Jahrringmerkmale

für die Datierung von Holzproben.

Aus Untersuchungen von Frau F. Huber, Forstliche Forschungsanstalt in Einville-Champenoux, und von Herrn PD Dr. F. H. Schweingruber, Eidgenössische Anstalt für das forstliche Versuchswesen in Birmensdorf, erhielt ich einige Merkmalsmittelreihen als zusätzliches Material für die dendrochronologischen Vergleichsrechnungen.

Die Witterungstabellen aus dem Bereich von Baden-Württemberg wurden mir vom Wetteramt Stuttgart zur Verfügung gestellt, die norwegische Witterungstabelle bekam ich von der Zentralbibliothek von Telemark in Ulefoss/Norwegen,

Bei der Literaturbeschaffung halfen mir die Landesbibliothek in Stuttgart und die Bibliothek der Forstwissenschaftlichen Fakultät in Freiburg i.Br.

Herr Professor Dr. H. J. Braun, Leiter des Instituts für Biologische Holzforschung an der Forstwissenschaftlichen Fakultät der Universität Freiburg i.Br., ermutigte mich, die Ergebnisse dieser Arbeit in Form einer Dissertation darzustellen.

## 1. Einleitung

1963 erschien in den Mitteilungen der Französischen Forstlichen Forschungsanstalt eine Veröffentlichung von Hubert Polge (1963) über eine neue Methode zur Bestimmung der Holztextur:

Die densitometrische Analyse von Röntgennegativen.

Polge war ein Verfahren geglückt, das es zunächst nur ermöglichen sollte, die Textur, d.i. das Verhältnis der Spätholzbreite zur Gesamtbreite eines Jahrrings, zu ermitteln. Dabei zeigte sich, daß das Verfahren hervorragend geeignet war, den Dichteverlauf im Holz an Bohrspänen oder Holzproben ähnlicher Dimensionen mit geringem Zeitaufwand und großer Genauigkeit in Form eines Dichte-Strukturdiagramms (Dichteprofils) darzustellen. Das Verfahren, im deutschen Sprachbereich als Röntgendensitometrie bezeichnet (Diaz-Vaz, Echols u. Knigge, 1975), wurde bald, z.T. abgewandelt, auch in anderen Ländern angewandt und nimmt heute einen anerkannten Platz in der Holzforschung ein (Elliott, 1970).

Die Anregung zur Entwicklung der Röntgendensitometrie hatte Polge vom Schweizer Holzforscher Lenz erhalten, der 1957 über die Abbildung von Holz mithilfe von Röntgenaufnahmen berichtet hatte. Inzwischen hat die Eidgenössische Anstalt für das forstliche Versuchswesen die Röntgendensitometrie wieder aufgenommen, die Methode verbessert und nutzt das Verfahren in einem weit ausgelegten Bereich (Lenz, Schär u. Schweingruber, 1976).

Ähnliche Ergebnisse, bei jedoch meist größerem Zeitaufwand, liefern auch andere in den letzten drei Jahrzehnten entwickelte Methoden zur Untersuchung des Holzaufbaus, so die Prüfung der Nadelstichhärte sowie der Einsatz von Beta- und Gammastrahlen (Diaz-Vaz et.al., 1975). Zusammen mit der Röntgendensitometrie haben diese Methoden teils eine neue Betrachtungsweise des Jahrringsaufbaus ermöglicht, teils haben sie bisherige Methoden der Jahrringanalyse verbessert und erleichtert.

Neu ist die Möglichkeit der Darstellung der Feinvariationen der Dichte innerhalb des Jahrrings. Ihre Analyse bildet heute die Grundlage für zahlreiche Untersuchungen in der Biologie und Technologie des Holzes. Doch ist das Gebiet, das durch die Densitometrie eröffnet wird, bisher nur zum geringen Teil erforscht, vorwiegend unter methodische Gesichtspunkten.

Der Verfasser hatte die Möglichkeit, den Dichteverlauf von 16 Kiefernbohrspänen aus drei Untersuchungsgruppen Südwestdeutschlands und Südnorwegens an der Französischen Forstlichen Forschungsanstalt röntgendensitometrisch darzustellen. Die Auswertung der Dichteprofile erfolgte mit folgenden Zielen:

- Beschreibung und Charakterisierung des Jahrringdichteprofiles der Kiefer

Zur Differenzierung der Dichteprofile sind zahlreiche Merkmale geeignet.

In der ersten und bisher einzigen röntgendensitometrischen Publikation über die Kiefer charakterisiert Bazerque (1974) die Dichteprofile durch Minimal- und Maximaldichte und durch verschiedene Merkmale der Jahrringbreite.

Heger, Parker und Kennedy (1974) brachten in einer Untersuchung an Douglasie den Gedanken auf, das Dichteprofil durch die Position bestimmter Punkte im Dichtediagramm zu beschreiben. Dabei gibt die Ordinate die Dichtewerte wieder, die Abszisse entspricht der Längsachse des Bohrspans, d.h. der radialen Richtung im Holzquerschnitt.

Dieser Gedanke wird in der vorliegenden Arbeit übernommen mit dem Ziel, das Dichteprofil des Jahrrings durch einfach zu messende und eindeutig definierte Punkte zu beschreiben und zu charakterisieren. Aus der Position der ausgewiesenen Punkte lassen sich zahlreiche Merkmale des Jahrring-Dichteprofiles ableiten, d.h. Profilmerkmale, z.B. Frühholzbreite, Spätholzbreite, Gesamtbreite, Minimaldichte, Maximaldichte.

Die Werte der Profilvermerkmale schwanken von Jahr zu Jahr. Dabei sind die jährlichen Schwankungen der Merkmale bei verschiedenen Bäumen derselben Art, desselben Standorts und Witterungsbereichs überwiegend in der Tendenz ähnlich. Dies ist die Folge einer ähnlichen Reaktion der Bäume auf bestimmte, jährlich wechselnde Wuchsbedingungen (Delorme, 1972, nach Röthlisberger, 1977). Der Vergleich der jährlichen Schwankungen der einzelnen Profilvermerkmale mit Zeitreihen anderer Merkmale ist die Grundlage der weiteren Auswertungen dieser Arbeit.

- Ermittlung von Beziehungen zwischen verschiedenen Merkmalen innerhalb der Dichteprofile

Die Merkmale eines Dichteprofiles stehen teils in lockerer bis straffer Beziehung zueinander, teils sind sie voneinander unabhängig. Sie sind daher vielfach nicht nur isoliert, sondern auch in ihrer Beziehung zueinander zu interpretieren. Hierzu werden in dieser Arbeit die Merkmale innerhalb der Dichteprofile auf Beziehungen zueinander untersucht.

- Dendroklimatologische Auswertung

Grundlage dendroklimatologischer Auswertungen ist der Vergleich der Schwankungen von Jahrringmerkmalen mit den Schwankungen von Witterungsmerkmalen.

Bis zur Entwicklung densitometrischer Methoden war die dendroklimatologische Auswertung von Jahrringen fast ausschließlich auf die Jahrringbreite beschränkt. Erst die Densitometrie ermöglichte es, neben der Jahrringbreite auch andere Merkmale des Jahrrings in Zeitreihenvergleichen dendroklimatologisch zu untersuchen.

Bazerque (1974) berichtet über Beziehungen zwischen Witterungs- und Profilvermerkmalen bei der Kiefer, untersucht an zwei Beständen Ostfrankreichs. Dabei bestehen zwischen beiden Beständen erhebliche Unterschiede in den Beziehungen der Witterungsmerkmale zu den Profilvermerkmalen, Unterschiede, die vermutlich standörtlich bedingt sind.

In der vorliegenden Arbeit werden die untersuchten Profilvermerkmale auf Beziehungen zu Witterungsmerkmalen geprüft. Die Ergebnisse bilden teils eine Ergänzung zu den Ergebnissen Bazerques; soweit die Profilvermerkmale hier erstmals beschrieben werden, sind die Ergebnisse ein Ansatz zur Erweiterung der Kenntnisse über die Beziehungen zwischen Witterung und Dickenwachstum.

#### - Dendrochronologische Auswertung

Die Witterung, die das Wachstum der Bäume beeinflusst, schwankt von Jahr zu Jahr. Die Reihenfolge der jährlichen Witterungswerte ist über einen längeren Zeitraum hinweg praktisch einmalig, d.h. es ist sehr unwahrscheinlich, daß dieselbe Reihenfolge bestimmter jährlicher Witterungsvariationen auch in einem anderen Zeitraum feststellbar ist. Dies gilt daher auch für die Schwankungen aller Jahrringmerkmale, die von der Witterung beeinflusst werden.

Variiert die Witterung in einem bestimmten Gebiet ähnlich, so schwanken in der Regel auch die abhängigen Jahrringmerkmale ähnlich.

Zeitliche Einmaligkeit und räumliche Ähnlichkeit der Merkmalschwankungen sind die Grundvoraussetzungen aller dendrochronologischer Arbeiten. Auch diese waren bisher vorwiegend auf die Analyse der Schwankungen der Jahrringbreite ausgerichtet.

Polge und Keller (1969) zeigen erstmals an Fichte, Bazerque (1974) zeigt später auch an Kiefer die Brauchbarkeit von Dichtemerkmale (z.B. Maximaldichte) für dendrochronologische Auswertungen. Doch fehlt diesen Untersuchungen noch die Ausdehnung über einen größeren Raum.

Über Ähnlichkeiten der Schwankungen der Maximaldichte bei der Fichte im gesamten Bereich der Alpen berichten Schweingruber, Bräker und Schär (1977). Dichtemerkmale der Kiefer sind bisher noch nicht großräumig untersucht.

Im dendrochronologischen Teil dieser Arbeit werden die einzelnen untersuchten Profilmerkmale der Kiefer auf großräumige Ähnlichkeiten ihrer Schwankungen geprüft. Dabei werden auch die Ergebnisse von Bazerque (1974) aus Ostfrankreich und eine von Schweingruber (1977) zur Verfügung gestellte Mittelkurve der Maximaldichte von Kiefern aus dem Schweizer Mittelland in den Vergleich miteinbezogen.

Polge u. Keller (1969) und Bazerque (1974) haben festgestellt, daß die dendrochronologisch charakteristischen Jahre (années caractéristiques) zwischen den verschiedenen Profilmerkmalen variieren. Sie sehen darin einen Ansatz, durch Verwendung mehrerer Jahrringmerkmale die Möglichkeiten der Datierung von Holzproben zu erweitern. Die statistische Absicherung der Datierung ist bisher jedoch beschränkt auf den Vergleich der Zeitreihen je eines Merkmals (Korrelation, Gleichläufigkeit), jedoch nicht von mehreren Merkmalen. Es erschien in der vorliegenden Untersuchung daher reizvoll, die Möglichkeit der statistischen Absicherung der Datierung bei Verwendung mehrerer Profilmerkmale zu prüfen. Hierzu wird ein von Niemann (1978) für diese Arbeit vorgeschlagenes statistisches Verfahren dargestellt.

## 2. MATERIAL UND METHODE

### 2.1 Untersuchungs- und Vergleichsmaterial

Untersucht wurden 5 mm starke Bohrspäne, die durchweg stehenden Stämmen in 1.30 m Höhe und südlicher Richtung entnommen waren.

Die Einzelbäume waren herrschend bis vorherrschend und ohne wesentliche Anomalien.

Genetische Varietäten zwischen den untersuchten Gruppen sind zu vermuten, wurden aber nicht geprüft. Die nachstehend aufgeführten Varietäten sind im Anhalt an die geographische Lage der einzelnen Gruppen der Klassifikation von Ruby und Wright (1976) entnommen.

#### Gruppe Lienzingen

6 Bohrspäne entstammen 90-120-jährigen Stämmen aus verschiedenen Kiefern-Laubbaumbeständen des Stadtwaldes Mühlacker, ehemaliger Gemeindewald Lienzingen im Baden-Württembergischen Forstamt Wiernsheim: Einzelwuchsbezirk Stromberg, submontaner Buchen-Eichenwald, durchschnittlicher Jahresniederschlag 720-760 mm, Jahresdurchschnittstemperatur 9.0 - 9.5°C, Meereshöhe 250-350 m. Die Standortseinheiten variieren von mäßig frischem zu mäßig trockenen und wechsell Trockenen Lehm- und Tonböden bei ebenen und leicht geneigten Lagen. Vermutliche Varietät nach Ruby et al.: P.s. var. *hercynia*, MÜNCH. Untersucht sind die Jahrringe 1901-1970.

#### Gruppe Gaildorf

4 Bohrspäne wurden aus ca. 120-jährigen Überhältern eines Bestands im Staatswald des Baden-Württembergischen Forstamts Gaildorf entnommen: pänemontanes Buchen-Tannenklima des Wuchsbezirks Limpurger Berge, lettig toniger Boden mit versauertem Oberboden, durchschnittlicher Jahresniederschlag 900 mm, Jahresdurchschnittstemperatur 7.5°C, Meereshöhe 500 m. Vermutliche Varietät nach Ruby et al.: P.s. var. *hercynia*, MÜNCH. Untersucht sind die Jahrringe 1901-1970.

### Gruppe Ulefoss

6 ausgewertete Bohrspäne stammen aus 40-70-jährigen Bäumen eines Bestandes in Ulefoss-Söve/Südnorwegen, Telemark: flach- bis mittelgründiger, aus dem anstehenden  $\text{CaCO}_3$ -reichen Gestein entstandener Boden, mäßig trocken, nach SW orientierter Hang, Übergangsbereich zwischen Seeklima und einer kontinental geprägten Enklave, durchschnittlicher Jahresniederschlag 950 mm, Jahresdurchschnittstemperatur ca.  $5^{\circ}\text{C}$ , Meereshöhe 100 m. Vermutete Varietät nach Ruby et al.: *P.s. var. septentrionalis* SCHOTT. Untersucht sind die Jahrringe 1935-1970.

### Gruppe Charmes und Gruppe Fessenheim

In die Diskussion sowie in die dendrochronologischen Vergleichsberechnungen werden einbezogen gleichartige Untersuchungsergebnisse über den Dichteverlauf von je 25 Kiefern aus zwei 70-jährigen Beständen Ostfrankreichs, veröffentlicht von Bezerque (1974).

Ein Bestand liegt in den Niederen Vogesen in der Nähe von Charmes, ca. 25 km südöstlich von Nancy: alluvialer Lehm Boden mit hohem Grundwasserstand (Flurabstände 5-130 cm, im August außerhalb des Wurzelbereichs), durchschnittlicher Jahresniederschlag 800 mm, Jahresdurchschnittstemperatur  $9.5^{\circ}\text{C}$ , Meereshöhe 250 m.

Der zweite Bestand befindet sich bei Fessenheim, Elsaß, in der Nähe des Rheinseitenkanals: 10-40 cm Lehmauflage über Kies, Durchwurzelungstiefe 1.80-2 m. Flurabstand des Grundwassers 5-9 m, durchschnittlicher Jahresniederschlag 520 mm, Jahresdurchschnittstemperatur  $11.0^{\circ}\text{C}$ , Meereshöhe 200 m.

Vermutete Varietät in beiden Beständen nach Ruby et al.: *P.s. var. haguenensis* LOUDON.

In beiden Beständen standen die Untersuchungsergebnisse der Jahrringe 1924 - 1973 zur Verfügung.

### Gruppe Krauchthal

Die Eidgen. Anstalt für das forstliche Versuchswesen hat eine Mittelkurve der Maximaldichte von Kiefern eines xerothermen Standorts bei Krauchthal (nahe Bern) für die dendrochronologischen Vergleichsberechnungen zur Verfügung gestellt (Schweingruber, 1977). Vermutete Varietät nach Ruby et al.: *P.s. var. vindelica* SCHOTT. Die Mittelkurve kann mit den Jahren 1901 - 1969 in die Vergleichsberechnungen einbezogen werden.

## 2.2 Witterungstabellen

Aus dem näheren Bereich der eigenen Untersuchungsgruppen standen keine Witterungsreihen über den gesamten Untersuchungszeitraum zur Verfügung. Für die dendroklimatologischen Berechnungen wurden die Schwankungen der monatlichen Mitteltemperaturen und der Monatsniederschläge folgender Meßstationen zugrundegelegt:

| Untersuchungsgruppe | Zeitraum               | Meßstation  |
|---------------------|------------------------|-------------|
| Lienzingen          | 1931-1970 (ohne 45-47) | Knittlingen |
|                     | 1901-1930              | Heilbronn   |
| Gaildorf            | 1951-1970              | Crailsheim  |
|                     | 1931-1950 (ohne 45-47) | Knittlingen |
|                     | 1901-1930              | Heilbronn   |
| Ulefoss             | 1935-1970              | Oslo        |

## 2.3 Die Röntgendensitometrie als Mittel zur Beschreibung des Jahrringaufbaus

### 2.3.1 Einordnung nach der Methodik

Die Gesamtdichte eines Holzkörpers mit mehreren Jahrringen wird in der Regel gravimetrisch ermittelt als Verhältnis von Gewicht zu Volumen des Holzkörpers. Derartige Dichtewerte sind Durchschnittswerte der punktuell stark schwankenden Dichtewerte desselben Holzkörpers.

Die Feinvariationen der Holzdichte innerhalb eines Jahrrings und vom Mark zum Kambium können am exaktesten durch Messung des Zellwandanteils festgestellt werden. Hierzu eignet sich besonders die Linearmikroskopie (Diaz-Vaz et al., 1975). Daneben wurden zu diesem Zweck in den letzten Jahrzehnten verschiedene andere Methoden entwickelt: Mikrophotometrie, Messung der Nadelstichhärte und - in der letzten Zeit - Messung der Absorption von Beta-, Gamma- und Röntgenstrahlen. Die aufgeführten Methoden sind nicht ganz so exakt wie die Linearmikroskopie, doch z. T. weniger zeitaufwendig. Heute zeichnet sich ab, daß die Röntgendensitometrie vor allem wegen ihres geringen Zeitaufwands und ihres breiten Anwendungsbereichs für die Darstellung der Feinvariationen der Holzdichte besonders geeignet ist.

### 2.3.2 Allgemeine Grundlagen

Die Röntgenstrahlen, 1895 von Wilhelm Conrad Röntgen entdeckt, sind elektromagnetische Strahlen mit kürzeren Wellenlängen als Lichtstrahlen. Sie durchdringen feste Stoffe stärker als Lichtstrahlen. Ein Teil der Strahlen wird dabei vom durchstrahlten Stoff in Abhängigkeit von seiner Dichte absorbiert. Die durchdringende Reststrahlung kann auf einem Fluoreszenzschirm oder einem Röntgenfilm in ein Röntgenbild umgewandelt werden. Bei konstanter Dicke des durchstrahlten Stoffs erscheinen auf dem Film die Zonen geringer Dichte dunkel, die Zonen hoher Dichte hell. Die Schwärzung des Films steht in Abhängigkeit zur Dichte des durchstrahlten Stoffs.

Die Strahlungsabsorption kann direkt mithilfe eines Detektors oder indirekt als Filmschwärzung gemessen werden,

### 2.3.3 Die Entstehung der Röntgendensitometrie

Über die Möglichkeit, die Holzdichte zerstörungsfrei mithilfe von Röntgenstrahlen zu ermitteln, berichtete bereits 1932 der ungarische Forstingenieur Worschitz auf dem IUFRO-Kongreß in Nancy. Worschitz hatte ein Verfahren zur Ableitung der Holzdichte aus dem Schwärzungsgrad von Röntgenaufnahmen entwickelt. Hierzu benutzte er Röntgenquellen mit einer angelegten Spannung von 50 KV (Worschitz, 1933). In diesem Verfahren waren die wesentlichen Grundlagen für eine röntgenoptische Messung der Rohdichte des Holzes enthalten; es wurde nicht weiterentwickelt.

Zu Beginn der sechziger Jahre wurden am holztechnologischen Institut der französischen forstlichen Forschungsanstalt in Nancy die Möglichkeiten der holztechnologischen Auswertung von Bohrspänen untersucht (Polge, 1962). Dabei fand eine Arbeit des Schweizer Holzforschers Lenz (1957) besonderes Interesse: Lenz hatte Röntgenaufnahmen von Bohrspänen gefertigt, bei welchen das Früh- und Spätholz der Jahrringe deutlich als dunkle und helle Zonen sichtbar waren. Lenz beschränkte sich auf eine subjektive Analyse der Jahrringe und deutete die

Möglichkeit der Objektivierung durch Messung der Filmschwärzung an. Polge übernahm diesen Gedanken durch Verwendung eines Densitometers.

#### 2.3.4 Die modernen Verfahren der Röntgendensitometrie

##### 2.3.4.1 Das von Polge begründete Verfahren

###### - Untersuchungsobjekt

Die Untersuchung erfolgt an Bohrspänen, die in der Regel stehenden Stämmen mit einem normalen Zuwachsbohrer mit 5 mm Innendurchmesser senkrecht zur Baumachse in Markrichtung entnommen sind. Sie werden auf Zimmerluftfeuchte ( $u = 12\%$ ) getrocknet.

###### - Röntgenaufnahme

Die Bohrspäne werden parallel zur Faserrichtung durchstrahlt. So entsteht auf dem Röntgenfilm die Abbildung des Bohrspans als schmaler Holzquerschnitt vom Kambium in Markrichtung.

Die Parallelität der Röntgenstrahlen wird erreicht, indem zwischen Röntgenquelle und Aufnahmeobjekt ein Abstand von mindestens 2.5 m eingehalten wird.

Da Holz aus Atomen geringen Gewichts zusammengesetzt ist, absorbiert es die Röntgenstrahlen aus Strahlungsquellen des medizinischen Bereichs mit 20 bis 70 KV nur gering. Eine stärkere Teilabsorption zur Verbesserung der Dichtekontraste erfolgt mit "weichen" Strahlen aus Strahlungsquellen mit schwächerer Spannung (Polge, 1966). Weiche Strahlen haben außerdem den Vorteil einer geringeren Streustrahlung und verbessern auf diese Weise die Bildschärfe (Hughes u. Albuquerque, 1975). Für 5 mm starke Bohrspäne wird eine Spannung von 15 KV bei 7.5 min Bestrahlungszeit angelegt.

## - Darstellung des Dichteverlaufs

Der Dichteverlauf der Bohrspäne wird aus den entwickelten Röntgenaufnahmen mithilfe eines Mikrodensitometers abgelesen, d.h. die zu untersuchende Bohrspanaufnahme wird über einen Lichtstrahl hinweggeschoben, die Menge des durchgedrungenen Lichts wird kontinuierlich gemessen und durch einen Linien-schreiber graphisch aufgetragen. So entsteht eine Kurve, die den Dichteverlauf im aufgenommenen Bohrspan wiedergibt (Dichtediagramm, Dichteprofil). Durch Eichung von Abszisse und Ordinate kann die Dichte an jedem beliebigen Punkt des Diagramms abgelesen werden (vgl. Abb. 1).

Der Lichtstrahl des Densitometers hat eine Ausdehnung von 0.1 mm in radialer Richtung des Holzquerschnitts (= Längsrichtung der Aufnahme) und von 0.5 mm in tangentialer Richtung (= Querrichtung der Aufnahme).

Die Vorschubgeschwindigkeit über dem Lichtstrahl ist vom Kontrast der Aufnahme abhängig; in der Regel ist für eine Länge von 10 cm weniger als eine Minute erforderlich.

## - Datenerfassung

Die Werte der Dichte und Breite der Jahrringe können am Dichteprofil direkt abgelesen oder mithilfe eines Steuergeräts und Streifenlochers automatisch erfaßt werden.

- Sonstige Erläuterungen zur Methode enthalten die Arbeiten von Polge (1966 u. 1971). Die Eidgenössische Anstalt für das forstliche Versuchswesen hat das von Polge begründete Verfahren methodisch geprüft und auf den z.Zt. wohl perfektesten Stand gebracht (vgl. hierzu die Beschreibung von Lenz et al., 1976).

### 2.3.4.2 Moving-Slit-Verfahren

Bei dem in den USA von Echols entwickelten Moving-slit-Verfahren beträgt abweichend zum Verfahren von Polge der Abstand zwischen

Röntgenröhre und Bohrspan nur ca. 30 cm. Die Parallelität der Strahlen zu den Holzfasern wird durch Verwendung einer 2.4 mm breiten Schlitzblende erreicht, unter welcher der Bohrspan und Röntgenfilm mit 5 mm/sec. durchbewegt werden (Diaz-Vaz et al., 1975, Heger et al., 1974).

#### 2.3.5 Verbreitung und Untersuchungsbereiche der Röntgengensitometrie

Die Röntgengensitometrie hat außer in den methodischen Pionierländern Frankreich, Schweiz und USA auch in holzkundlichen Forschungsstätten anderer Länder Anwendung gefunden, so in Japan und Kanada (nach Polge, 1971), in Norwegen (Nagoda, 1965) und in England (Hughes et al., 1975).

Die bisherigen Ergebnisse zeigen zahlreiche Untersuchungsbereiche, die durch die Röntgengensitometrie eröffnet werden:

- Darstellung des Dichteverlaufs vom Mark zum Kambium, differenziert nach Einzeljahren, nach Himmelsrichtung und absoluter wie relativer Stammhöhe sowie nach Baumart und subspecies (Polge, 1966, Röthlisberger, 1976).
- Datierung von Holzproben, indem neben der in der Dendrochronologie üblichen Jahrringbreite weitere Jahrringmerkmale als Datierungsmerkmale verwendet werden (Polge u. Keller, 1969, Parker u. Henoch, 1971, Bazerque, 1974).
- Vergleich von Dichteverlauf mit holztechnologischen Eigenschaften (Keller, 1968 u. 1971).
- Untersuchung externer Einflüsse auf den Dichteverlauf, z.B. Witterung, Standort, Grundwasserabsenkung, Fluorimmission (Polge, 1966, Polge u. Keller, 1968 u. 1969, Bazerque, 1974, Heger et al. 1974, Röthlisberger, 1976, Schweingruber et al. 1977).

## 2.4 Herstellung und rechnerische Auswertung der Dichteprofile für die drei untersuchten Gruppen

Die Bohrspäne wurden nach der in Abschnitt 2.3.4 beschriebenen Methode der Röntgendensitometrie am Institut für Holztechnologie bei der Französischen Forstlichen Forschungsanstalt in Champenoux auf ihren Dichteverlauf untersucht.

Datenerfassung und rechnerische Auswertung erfolgten manuell.

## 2.5 Beschreibung und Charakterisierung der Dichteprofile

Abb. 1 zeigt beispielhaft das Dichteprofil eines Bohrspans aus dem Stromberg (Untersuchungsgruppe Lienzingen) mit dem zugehörigen positiven Bild der Röntgenaufnahme.

Die Ordinate des Diagramms enthält die Dichtewerte in mg/ccm bei 12 % Holzfeuchte; die Dichtewerte 300,550 und 900 mg/ccm sind als Parallelen zur Abszisse eingetragen.

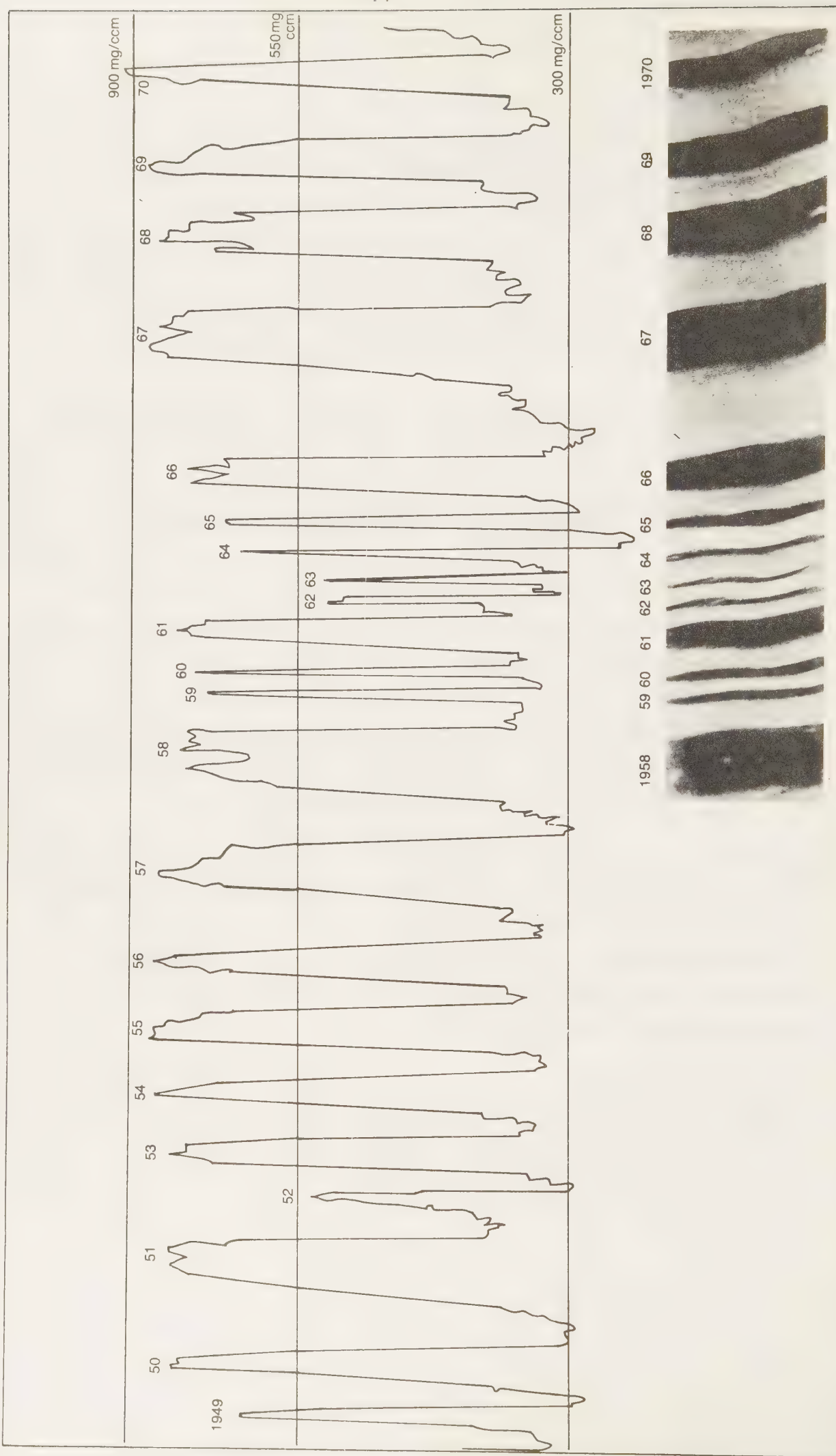
Die Abszisse bildet die Längsachse des Bohrspans in zehnfacher Dehnung; sie entspricht der radialen Richtung im Holzkörper.

Die Dichteprofile der Einzeljahre sind deutlich voneinander abgesetzt durch den Steilabfall des Diagramms zwischen Ende und Anfang von zwei Jahrringen.

Die einzelnen Jahrringe werden in der vorliegenden Arbeit durch fünf Punkte beschrieben, deren Position im Dichtediagramm mit den Werten der Ordinate (Dichtewerte) und Abszisse (radiale Werte) darstellbar ist:

Abb. 1 : Röntgenaufnahme (positiv) und zugehöriges Dichteprofil eines Kiefern-Bohrspans der Untersuchungsgruppe Lienzingen

Vergrößerung der Röntgenaufnahme und der Längsachse des Bohrspans (= Abszisse des Dichteprofils) 10 : 1



- 1. Anfang des Jahrrings, definiert als Ende des Steilabfalls vom vorhergehenden Jahrring,
- 2. Minimaldichte,
- 3. Frühholz-Spätholzgrenze, definiert als Dichtewert 550 im Diagramm (nach Polge, 1966)
- 4. Maximaldichte,
- 5. Ende des Jahrrings, definiert als Beginn des Steilabfalls zum Folgejahrring.

Aus den Positionen der aufgeführten fünf Punkte werden in der vorliegenden Arbeit 14 verschiedene Profilmerkmale abgeleitet. Diese sind am Beispiel von Abb. 2, dargestellt:

a) Dichtemerkmale

- (1) Anfangsdichte (Danf) mit 310 mg/ccm
- (2) Minimaldichte (Dmin) mit 275 mg/ccm
- (3) Maximaldichte (Dmax) mit 840 mg/ccm
- (4) Schlußdichte (Ds) mit 740 mg/ccm

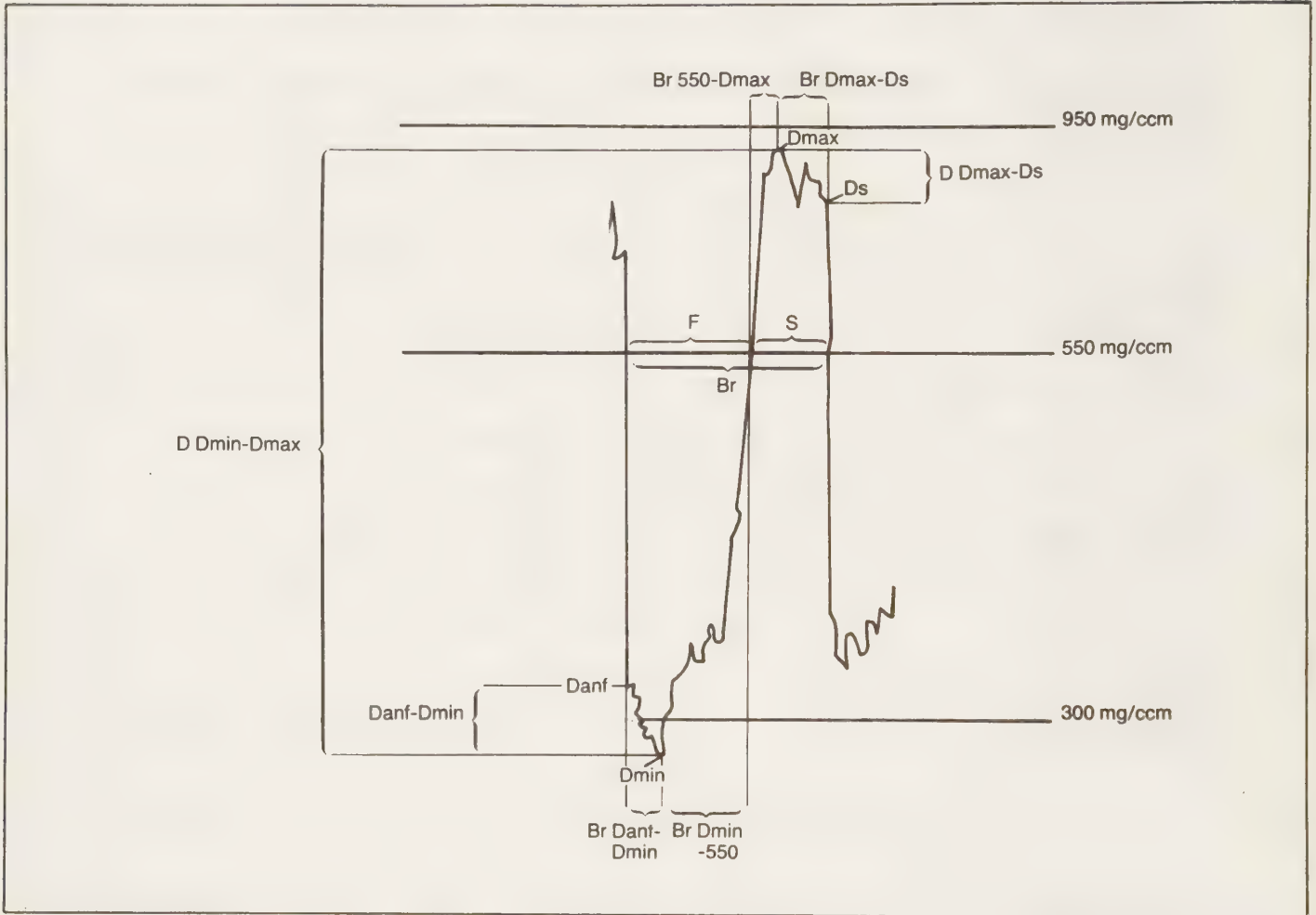
b) Dichtedifferenzen

- (5) Abfall von Anfangs- zu Minimaldichte ( $D_{\text{Danf}} - D_{\text{min}}$ ) mit 35 mg/ccm
- (6) Anstieg von Minimal- zu Maximaldichte ( $D_{\text{Dmin}} - D_{\text{max}}$ ) mit 565 mg/ccm
- (7) Abfall von Maximal- zu Schlußdichte ( $D_{\text{Dmax}} - D_{\text{s}}$ ) mit 100 mg/ccm

c) Radiale Einzelmerkmale

- (8) Breite zwischen Anfangs- und Minimaldichte ( $Br_{\text{Danf}} - D_{\text{min}}$ ) mit 0.6 mm
- (9) Breite zwischen Minimaldichte und Frühholz-Spätholzgrenze ( $Br_{\text{Dmin-550}}$ ) mit 1.2 mm
- (10) Breite zwischen Frühholz-Spätholzgrenze und Maximaldichte ( $Br_{\text{550-Dmax}}$ ) mit 0.3 mm
- (11) Breite zwischen Maximal- und Schlußdichte ( $Br_{\text{Dmax-Ds}}$ ) mit 0.7 mm

Abb. 2: Beschreibung der Profilverkmale am Beispiel des Jahrrings 1967 aus Abb. 1



d) Radiale Summenmerkmale

- (12) Frühholzbreite (F) mit 1.8 mm ( $\text{Br Danf-Dmin} + \text{Br Dmin-550}$ )
- (13) Spätholzbreite (S) mit 1.0 mm ( $\text{Br 550-Dmax} + \text{Br Dmax-Ds}$ )
- (14) Gesamtbreite des Jahrrings (Br) mit 2.8 mm ( $= F + S$ )

## 2.6 Methodik der statistischen Auswertung

### 2.6.1 Ziele

Ziele der statistischen Auswertung sind

- Ermittlung des durchschnittlichen Dichteprofiles der Kiefer, von Profiltypen und von mittel- und langfristigen Tendenzen der Größe der Profilmerkmale während des Untersuchungszeitraums,
- Ermittlung von Beziehungen zwischen den Profilmerkmalen innerhalb der Untersuchungsgruppen,
- Ermittlung von Beziehungen zwischen den Profil- und Witterungsmerkmalen (dendroklimatologische Auswertung),
- Ermittlung von Beziehungen zwischen denselben Profilmerkmalen verschiedener Untersuchungsgruppen (dendrochronologische Auswertung).

### 2.6.2 Umfang der Erhebung

Die in Abschnitt 2.5 aufgeführten 14 Merkmale wurden an jedem Dichteprofil gemessen. Dabei blieb die Erhebung auf die adulten Jahrringe beschränkt, das sind die Jahrringe, die außerhalb des Kronenbereichs gebildet wurden. Nicht zur Auswertung kamen die juvenilen Jahrringe, die im Bereich der grünen Krone angelegt wurden, da ihr Normalprofil von dem der adulten Jahrringe erheblich abweicht (Polge, 1964).

Die Einzelmeßdaten wurden für jede Untersuchungsgruppe jahresweise gemittelt und als Reihe der Jahresmittelwerte (Zeitreihe) - in der Dendrochronologie als Mittelkurve bezeichnet - zusammengestellt.

### 2.6.3 Prüfung und Ausgleich von mittel- und langfristigen Merkmalsvariationen

Die Merkmalswerte schwanken in den einzelnen Zeitreihen nicht nur jährlich, sondern meist auch mittel- und langfristig. Derartige Trendänderungen werden in der vorliegenden Arbeit mit Hilfe des Vorzeichen-Trendtests von Cox und Stuart (nach Sachs, 1969) geprüft. Hierzu werden die Merkmals-Zeitreihen in drei gleich lange Gruppen geteilt. Die Beobachtungen des ersten Zeitdrittels werden mit den entsprechenden Werten des letzten Drittels auf Differenz getestet. Die Summe der Plus- oder Minuszeichen der Differenzen "S" geht in die nachstehende Formel ein

$$z = \frac{|S - n/6|}{\sqrt{n/12}} \quad (1)$$

n = Länge der Zeitreihen in Jahren.

Die Trendänderung ist signifikant bei  $z \geq 1.64$  (5 % Zufallswahrscheinlichkeit) oder bei  $z \geq 2.33$  (1 % Zufallswahrscheinlichkeit).

Als Ursachen der mittel- und langfristigen Merkmalsvariationen kommen endogene und exogene Faktoren in Frage, z.B. physiologisches Alter des Baumes, Durchforstungseingriffe, Düngung und Witterungsschwankungen.

Da aus den Witterungstabellen keine mittel- und langfristigen Witterungsschwankungen während des Untersuchungszeitraums feststellbar waren, sind für die dendroklimatologischen und dendrochronologischen Auswertungen die Zeitreihen gutächtlich von den mittel- und langfristigen Variationen befreit.

Die derartig "bereinigten" Mittelreihen liegen allen nachstehenden Berechnungen zugrunde.

### 2.6.4 Berechnungen der Beziehungen zwischen zwei Zeitreihen

In dendrochronologischen Untersuchungen wird die Ähnlichkeit von Merkmalsschwankungen zweier Vergleichsreihen mithilfe des Gleichläufigkeitsprozents (deutsche Richtung) oder des

Korrelationskoeffizienten (skandinavische und amerikanische Richtung) dargestellt. In der vorliegenden Arbeit werden beide Beziehungsmaße für die dendroklimatologischen und dendrochronologischen Vergleichsrechnungen verwendet.

#### 2.6.4.1 Korrelationsrechnungen

In der Regel wurde der Korrelationskoeffizient  $r$  für lineare Zusammenhänge zwischen den Merkmalen  $x$  und  $y$  verwendet:

$$r = \frac{\sum (x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 \cdot \sum (y_i - \bar{y})^2}} \quad (2) \text{ nach Weber (1972)}$$

Diskutierte Schwellenwerte sind die Tabellensicherheiten von 95 % und 99.9 %.

Zur weiteren Interpretation wurden in Einzelfällen das Bestimmtheitsmaß, der partielle Korrelationskoeffizient und das mehrfache Bestimmtheitsmaß berechnet:

- Das Bestimmtheitsmaß  $B$  erklärt das Ausmaß der Beziehungen zwischen zwei korrelierenden Merkmalen. Es wird errechnet nach der Formel

$$B = r^2 \quad (3) \text{ nach Weber (1972)}$$

Bei einem Korrelationskoeffizienten von z.B.  $r = 0.4$  beträgt das Bestimmtheitsmaß 0.16, d.h. 16 % der Streuung eines Merkmals lassen sich aus den Schwankungen eines anderen Merkmals erklären.

- Häufig korreliert ein Profilmerkmal mit mehreren möglichen Einflußmerkmalen signifikant. Um den Zusammenhang zwischen zwei Merkmalen (1 und 2) unabhängig von den restlichen korrelierenden Variablen (3, 4 ....n) zu ermitteln, wird der partielle Korrelationskoeffizient berechnet nach der Formel

$$r_{12.34\dots n} = \frac{r_{12.34\dots(n-1)} - r_{1n.34\dots(n-1)} \cdot r_{2n.34\dots(n-1)}}{\sqrt{\left(1 - r_{1n.34\dots(n-1)}^2\right) \cdot \left(1 - r_{2n.34\dots(n-1)}^2\right)}}$$

(4) nach Weber (1972).

- Um den Zusammenhang eines Merkmals ( $y$ ) mit mehreren anderen Merkmalen ( $x_1 \dots x_n$ ) zu prüfen, kann das mehrfache Bestimmtheitsmaß  $B_m$  berechnet werden nach der Formel

$$B_m = \frac{b_1 \cdot \sum (x_{1i} - \bar{x}_1) \cdot (y_i - \bar{y}) + b_2 \cdot \sum (x_{2i} - \bar{x}_2) \cdot (y_i - \bar{y}) + \dots + b_n \cdot \sum (x_{ni} - \bar{x}_n) \cdot (y_i - \bar{y})}{\sum (y_i - \bar{y})^2}$$

(5) nach Prodan (1961)

Dabei sind  $b_1, b_2, \dots, b_n$  die partiellen Regressionskoeffizienten zwischen  $y$  und den Variablen  $x_1 \dots x_n$ , die nach dem von Prodan (1961) beschriebenen Gleichungssystem mit mehreren Unbekannten gefunden werden können.

Der Anteil der Variablen  $x_1$  am mehrfachen Bestimmtheitsmaß,  $AX_1$ , ist durch folgende Beziehung meßbar:

$$AX_1 = \frac{b_1 \cdot \sum (x_{1i} - \bar{x}_1) \cdot (y_i - \bar{y})}{b_1 \cdot \sum (x_{1i} - \bar{x}_1) \cdot (y_i - \bar{y}) + b_2 \cdot \dots + b_n \cdot \dots} \quad \begin{array}{l} \text{(6) nach} \\ \text{Paenson (1970)} \end{array}$$

#### 2.6.4.2 Gleichläufigkeitsprozent

Das Gleichläufigkeitsprozent ist ein Maß für die Ähnlichkeit der Variationen von Jahr zu Jahr innerhalb zweier Zeitreihen. Es entspricht dem Zeichen-Test (Weber, 1972), wurde aber hiervon unabhängig speziell in der deutschen Dendrochronologie von Huber (1943) als Maß für die Sicherheit der Datierung von Holzproben entwickelt.

Seine Anwendung wird an einem Beispiel erläutert:

Gegeben sind zwei Bohrspäne desselben Baumart und desselben Wuchsraums mit je 14 Jahrringen. Bohrspan Nr. 1 ist datiert, d.h. jeder Jahrring ist einem bestimmten Kalenderjahr zuzuordnen. Bohrspan Nr. 2 ist nicht datiert; es soll geprüft werden, ob die Folge seiner 14 Jahrringe mit der Folge der 14 Ringe von Bohrspan Nr. 1 identisch, d.h. synchron ist.

An jedem Bohrspan wird die Breite der einzelnen Jahrringe gemessen und in einer Tabelle als Zeitreihe eingetragen.

Im nächsten Schritt wird festgestellt, ob die Breite eines Jahrrings im Vergleich zum vorangehenden Ring größer oder kleiner ist. Die jeweils verglichenen Paare werden als Intervallpaare bezeichnet. Bei 14 Jahrringen sind 13 Intervallpaare gegeben.

Nun wird geprüft, ob der Richtungssinn innerhalb der Intervallpaare gleicher Jahrringposition zwischen den Bohrspanen gleich- oder gegenläufig ist. Der Prozentsatz der gleichläufigen Intervallpaare zur Gesamtzahl der Intervallpaare wird als Gleichläufigkeitsprozent bezeichnet. Es beträgt im vorliegenden Beispiel bei 9 gleichläufigen von insgesamt 13 Intervallpaaren 69 %.

#### Beispiel für die Feststellung des Gleichläufigkeitsprozents

| Bohrspan Nr. 1 |           |                         | Bohrspan Nr. 2 |           |                         | Vergleich der Entwicklung zwischen Bohrspan Nr. 1 u.2 |
|----------------|-----------|-------------------------|----------------|-----------|-------------------------|-------------------------------------------------------|
| Jahrring Nr.   | Breite mm | Entwicklung zum Vorjahr | Jahrring Nr.   | Breite mm | Entwicklung zum Vorjahr |                                                       |
| 1              | 1         |                         | 1              | 1         |                         |                                                       |
| 2              | 2         | größer                  | 2              | 2         | größer                  | gleichläufig                                          |
| 3              | 1         | kleiner                 | 3              | 3         | größer                  | gegenläufig                                           |
| 4              | 3         | größer                  | 4              | 4         | größer                  | gleichläufig                                          |
| 5              | 4         | größer                  | 5              | 2         | kleiner                 | gegenläufig                                           |
| 6              | 1         | kleiner                 | 6              | 1         | kleiner                 | gleichläufig                                          |
| 7              | 2         | größer                  | 7              | 2         | größer                  | gleichläufig                                          |
| 8              | 3         | größer                  | 8              | 3         | größer                  | gleichläufig                                          |
| 9              | 1         | kleiner                 | 9              | 2         | kleiner                 | gleichläufig                                          |
| 10             | 2         | größer                  | 10             | 3         | größer                  | gleichläufig                                          |
| 11             | 1         | kleiner                 | 11             | 1         | kleiner                 | gleichläufig                                          |
| 12             | 2         | größer                  | 12             | 2         | größer                  | gleichläufig                                          |
| 13             | 3         | größer                  | 13             | 1         | kleiner                 | gegenläufig                                           |
| 14             | 1         | kleiner                 | 14             | 3         | größer                  | gegenläufig                                           |
|                |           |                         | Summen:        |           |                         | 9 gleichläufig                                        |
|                |           |                         |                |           |                         | <u>4 gegenläufig</u>                                  |
|                |           |                         |                |           |                         | 13 Intervallpaare                                     |
|                |           |                         |                |           |                         | Gleichläufigkeitsprozent                              |
|                |           |                         |                |           |                         | GL = 9 : 13 = 69 %                                    |

Bei nicht synchroner Lage von Bohrspan Nr. 2 zu Bohrspan Nr. 1 sind die Gleich- und Gegenläufigkeiten zufällig bedingt und

streuen innerhalb eines Rahmens um 50 %. Bei synchroner Lage ist dagegen anzunehmen, daß die Gleichläufigkeiten nicht zufällig bedingt sind. Sofern das Gleichläufigkeitsprozent über 50 und außerhalb des Streurahmens der zufällig möglichen Werte liegt, ist die synchrone Lage statistisch gesichert.

Als nicht zufallsbedingt gelten in der Dendrochronologie Gleichläufigkeitsprozentsätze von  $GL \geq 50 + 3.09 \cdot 50/\sqrt{a}$  (%) (nach Delorme, 1973).

a = Zahl der Intervallpaare (Überlappungslänge)

Diese Werte liegen über der Schwelle von 0.1 % Zufallswahrscheinlichkeit.

Im dargestellten Beispiel müßte bei 13 Intervallpaaren ein Gleichläufigkeitsprozent von 95 erreicht werden, wenn die synchrone Lage beider Bohrspäne statistisch abgesichert sein soll. Das tatsächliche Gleichläufigkeitsprozent 69 ist somit kein Ausdruck für eine gesichert synchrone Lage von Bohrsplan Nr. 2 zu Nr. 1.

Erst mit 70 Intervallpaaren (a = 70) kann bei einer Gleichläufigkeit von 69 % eine gesicherte Datierung ausgesagt werden.

Wegen seiner leichten Feststellbarkeit wird in der vorliegenden Arbeit das Gleichläufigkeitsprozent auch als dendroklimatologisches Beziehungsmaß zum Vergleich von Witterungs- und Jahrringmerkmalen verwendet. Gleichläufigkeitsprozente, die 50 signifikant überschreiten, deuten auf eine positive Beziehung zwischen einem Jahrring- und Witterungsmerkmal hin, die Merkmalsreihen verlaufen "gleichsinnig". Gleichläufigkeitsprozente signifikant unter 50 deuten dagegen auf eine negative Beziehung hin; die Merkmalsreihen verlaufen "gegensinnig".

Im Anhalt an die o.g. Formel nach Delorme werden als Signifikanzschwellen angesetzt

- für 0.1 % Zufallswahrscheinlichkeit

$$GL = 50 \pm 3.09 \cdot 50/\sqrt{a} \quad \% \quad (7)$$

- für 5 % Zufallswahrscheinlichkeit

$$GL = 50 \pm 1.64 \cdot 50/\sqrt{a} \quad \% \quad (8)$$

#### 2.6.4.3 Gemeinsame Verwendung mehrerer Profilverkmale für dendrochronologische Untersuchungen

Sind mehrere Jahrringmerkmale für dendrochronologische Untersuchungen geeignet, so liegt es nahe, diese Merkmale gemeinsam für Datierungszwecke zu verwenden mit dem Ziel, die Sicherheit der Datierung zu erhöhen.

Hierfür fehlte bisher eine brauchbare Methode.

Das für die vorliegende Arbeit entwickelte Verfahren wird an einem Beispiel dargestellt:

Zwei Bohrspäne sollen auf synchrone Jahrringfolge geprüft werden. Bei einer bestimmten, synchron erscheinenden Lage überlappen sich 51 Jahrringe, das sind 50 Intervallpaare je Jahrringmerkmal. Hierbei betragen die Gleichläufigkeitsprozente beim Merkmal Gesamtbreite 63 %, beim Merkmal Minimaldichte 70 %, beim Merkmal Maximaldichte 65 %. Betrachtet man jedes Gleichläufigkeitsprozent für sich allein, so liegen die Werte zwar über dem Schwellenwert von 5 % Zufallswahrscheinlichkeit, das sind bei 50 Intervallpaaren 59 %, jedoch wird der in der Dendrochronologie normalerweise für eine sichere Datierung geforderte Schwellenwert von 0.1 % Zufallswahrscheinlichkeit nicht erreicht, das sind 72 %.

Das durchschnittliche Gleichläufigkeitsprozent der drei Merkmale beträgt  $\frac{63 + 70 + 65}{3} \% = 66 \%$ . Diesem Wert liegen je Merkmal 50 Intervallpaare zugrunde, das sind bei drei Merkmalen 150 Intervallpaare.

Bei völliger Unabhängigkeit zwischen den drei Merkmalen kann die Gesamtzahl der Intervallpaare  $a$  nach den Formeln (7) oder (8) für die Berechnung der Signifikanzschwellen des durchschnittlichen Gleichläufigkeitsprozents herangezogen werden; die Signifikanzschwelle beträgt in diesem Fall bei 0.1 % Zufallswahrscheinlichkeit 62 %, ein Wert, der vom durchschnittlichen Gleichläufigkeitsprozent deutlich überschritten wird.

Sind dagegen zwischen den Profilverkeimen bestimmte Beziehungen gegeben, so ist anzunehmen, daß der Richtungssinn in der Zeitreihe eines Profilverkeims zum Teil bereits durch den Richtungssinn eines anderen Merkeims ausgedrückt wird. Um derartige Beziehungen

zu berücksichtigen, wird ein von Niemann (1978) empfohlenes Verfahren zur Berechnung der Signifikanzschwellen gewählt.

Im ersten Schritt wird geprüft, ob der Korrelationskoeffizient zwischen den Gleichläufigkeiten zweier Merkmale davon abhängt, ob die beiden Bohrspäne richtig oder falsch datiert sind. Der Koeffizient berechnet sich als der Phi-Koeffizient  $\phi$  nach der Formel

$$\phi = \frac{a \cdot d - b \cdot c}{\sqrt{(a+b) \cdot (c+d) \cdot (a+c) \cdot (b+d)}}$$

(9) Vierfelder-Korrelationskoeffizient nach Weber (1974)

mit a, b, c, d aus der Vierfeldertafel der Gleichläufigkeiten.

Dabei sind

a = Anzahl der Paare, bei denen beide Merkmale gleichläufig sind,

b = Anzahl der Paare, bei denen Merkmal A gleichläufig, B ungleichläufig ist,

c = Anzahl der Paare, bei denen Merkmal B gleichläufig, A ungleichläufig ist.

d = Anzahl der Paare, bei denen beide Merkmale ungleichläufig sind.

Bei  $\phi = 1$  sind die Gleichläufigkeiten zweier Merkmale voneinander völlig abhängig; d.h. der Richtungssinn des einen Merkmals ist bereits mit dem Richtungssinn des anderen Merkmals ausgedrückt. Bei  $\phi = 0$  sind die Gleichläufigkeiten zweier Merkmale voneinander völlig unabhängig.

Im zweiten Schritt wird aus den Phi-Koeffizienten  $\phi_{i,j}$ ,  $i, j = 1, 2, 3$  die Signifikanzschwelle des durchschnittlichen Gleichläufigkeitsprozents berechnet.

Dabei betragen die Schwellen

bei 0.1 % Zufallswahrscheinlichkeit

$$GL = 50 \% + 50 \% \cdot \frac{1}{m} \cdot 3.09 \cdot \sqrt{m + 2 \cdot \sum_{j>i} \phi_{ij}} / \sqrt{a}$$

bei 5 % Zufallswahrscheinlichkeit

$$GL = 50 \% + 50 \% \cdot \frac{1}{m} \cdot 1.64 \cdot \sqrt{m + 2 \cdot \sum_{j>i} \phi_{ij}} / \sqrt{a}$$

m = Zahl der Merkmale, hier = 3

a = Zahl der Intervallpaare beim Einzelmerkmal, hier = 50.

Als Signifikanzschwellen für das durchschnittliche Gleichläufigkeitsprozent sind im Beispiel dann anzusetzen für 0.1 % Zufallswahrscheinlichkeit

$$GL = 50 + 3.09 \cdot 50 \cdot \sqrt{3 + 2 \cdot (\phi_{12} + \phi_{13} + \phi_{23})} / 3 \cdot \sqrt{a} \quad (10)$$

für 5 % Zufallswahrscheinlichkeit

$$GL = 50 + 1.64 \cdot 50 \cdot \sqrt{3 + 2 \cdot (\phi_{12} + \phi_{13} + \phi_{23})} / 3 \cdot \sqrt{a} \quad (11)$$

Je höher die Werte der Phi-Koeffizienten sind, desto größer ist die Streuung und damit die Signifikanzschwelle des durchschnittlichen Gleichläufigkeitsprozents. Da in der vorliegenden Arbeit keine allgemeingültigen Phi-Werte bestimmt werden können, wird der jeweils ungünstigste, d.h. größte festgestellte Wert genommen.

Nach den Ergebnissen dieser Arbeit erreicht der Phi-Koeffizient zwischen den Merkmalen des Beispiels maximal den Wert 0.25. Bei Unterstellung dieses Werts errechnet sich für das durchschnittliche Gleichläufigkeitsprozent bei 0.1 % Zufallswahrscheinlichkeit eine Signifikanzschwelle von

$$GL = 50 + 3.09 \cdot 50 \cdot \sqrt{3 + 2 \cdot (0.25 + 0.25 + 0.25)} / 3 \cdot \sqrt{50}$$

d.h.  $GL = 65.5 \%$ .

Die durchschnittliche Gleichläufigkeit des vorliegenden Beispiels liegt mit 66 % über der Signifikanzschwelle von 0.1 %. Durch gemeinsame Verwendung der drei Merkmale wird somit die Sicherheit der Datierung von 5 % auf 0.1 % erhöht werden.

### 3. ERGEBNISSE

#### 3.1 Das Dichteprofil des Kiefernjahrrings

Als Ausdruck für das Dichteprofil des Kiefernjahrrings und seine Variationen sind in Anlage 1 einige Kennzahlen zur Größe der Profilvermerkmale zusammengestellt und in Abb. 3 graphisch dargestellt.

Anlage 1 zeigt

- die an den Einzelprofilen festgestellten Extremwerte
- die arithmetischen Mittelwerte der Mittelreihen
  - = im 1. und 3. Drittel des Untersuchungszeitraums
  - = während des gesamten Untersuchungszeitraums
- die Prüfwert  $z$  nach Formel (1) als Ausdruck der Trendsignifikanz vom 1. zum 3. Drittel der Mittelreihen.

Wegen des geringen Stichprobenumfangs sind die Unterschiede zwischen den Gruppen nicht gesichert. Die Einzelwerte können daher nur über die Größenordnung der Profilvermerkmale orientieren.

Die Merkmalsmittelwerte des gesamten Untersuchungszeitraums sind die Grundlage für die mittleren Dichteprofile der Kiefer in Abbildung 3. Fixpunkte sind die Positionen von Anfangsdichte, Minimaldichte, Frühholz-Spätholzgrenze, Maximaldichte und Schlußdichte. Die Punkte sind freihändig miteinander verbunden. Die Werte der mittleren Jahrringdichte sind jeweils als Kreuz in den Profilen dargestellt; sie bilden das Integral der mittleren Dichtenprofile.

##### - Profilvarianten

Das mittlere Dichteprofil enthält zahlreiche Profilvarianten, die sich in vier Gruppen gliedern lassen:

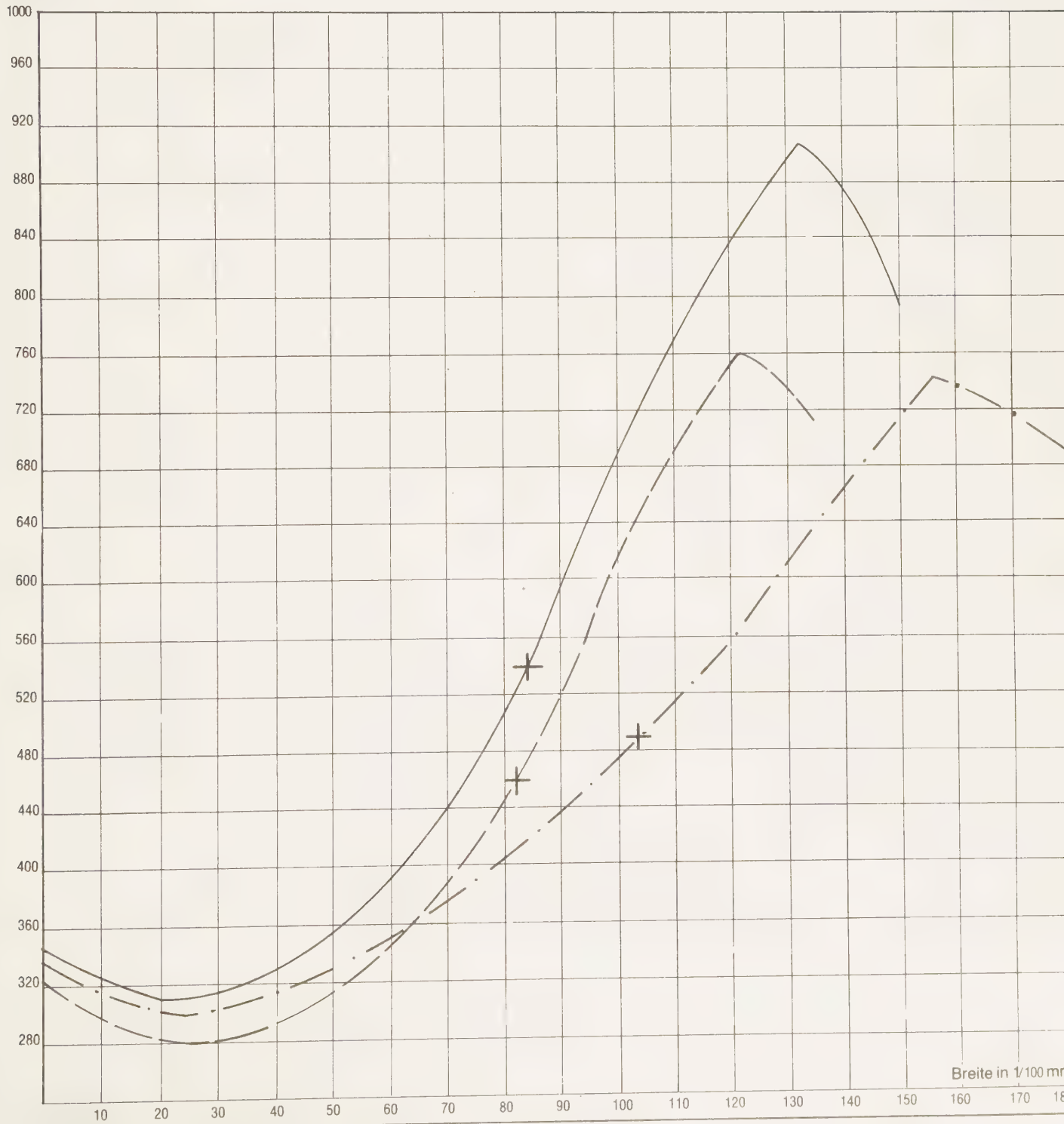
Typ 1 umfaßt die normalen Profile mit einer Zone geringerer Dichte nach der Anfangsdichte und höherer Dichte vor der Schlußdichte (Abbildung 1, Jahrring 1967).

Abb. 3: Mittlere Dichtepprofile

———— Gaildorf  
- - - - - Lienzingen  
- . - . - Ulefoss

+ mittlere Jahrringdichte

mg/ccm



Bei Typ 2 sind die Positionen von Anfangsdichte und Minimaldichte sowie von Maximaldichte und Schlußdichte identisch (Abbildung 1, Jahrring 1964).

Die Typen 3 und 4 sind Übergangsformen zwischen den Typen 1 und 2.

Bei Typ 3 sind die Positionen von Anfangsdichte und Minimaldichte identisch, vor der Schlußdichte ist wie bei Typ 1 eine Zone höherer Dichte (Abbildung 1, Jahrring 1966).

Bei Typ 4 sind die Positionen von Maximaldichte und Schlußdichte identisch, nach der Anfangsdichte folgt wie bei Typ 1 eine Zone geringerer Dichte (Abbildung 1, Jahrring 1959).

Die Häufigkeit der Typen in den drei Untersuchungsgruppen ist in Tabelle 1 zusammengestellt:

Tabelle 1

Häufigkeit der Profiltypen (in % aller Profile)

| Untersuchungs-<br>gruppe | Typ 1<br>"normale"<br>Profile | Typ 2<br>Position<br>Danf=Dmin<br>Dmax=Ds | Typ 3<br>Position<br>Danf=Dmin | Typ 4<br>Position<br>Dmax=Ds |
|--------------------------|-------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------|------------------------------|
| Lienzingen               | 45 %                          | 13 %                                      | 7 %                            | 35 %                         |
| Gaildorf                 | 73 %                          | 4 %                                       | 6 %                            | 17 %                         |
| Ulefoss                  | 73 %                          | 7 %                                       | 9 %                            | 11 %                         |

Auffallend ist der geringere Anteil "normaler" Profile des Typs 1 und der höhere Anteil von Profilen des Typs 4 bei der Gruppe Lienzingen im Vergleich zu den Gruppen Gaildorf und Ulefoss. Er ist in der Tendenz während des gesamten Untersuchungszeitraums festzustellen.

#### - Mittel- und langfristige Merkmalsvariationen

Ein Großteil der Profilmerkmale zeigt nicht nur jährliche, sondern auch mittel- und langfristige Variationen.

Mit steigendem Baumalter, in dem der Jahrring gebildet wird, fallen bei allen Gruppen die Werte der Anfangsdichte, der Ma-

ximaldichte und der Schlußdichte. Die Minimaldichte fällt bei den Gruppen Gaildorf und Ulefoss, zeigt aber bei der Gruppe Lienzingen keine Tendenz.

Die Dichtedifferenzen sind teils fallend, teils ohne Tendenz.

Die Breitewerte der Gruppe Lienzingen sind deutlich fallend, bei der Gruppe Gaildorf schwach fallend, bei der Gruppe Ulefoss z.T. steigend.

### 3.2 Beziehungen zwischen den Profilmerkmalen innerhalb der Untersuchungsgruppen

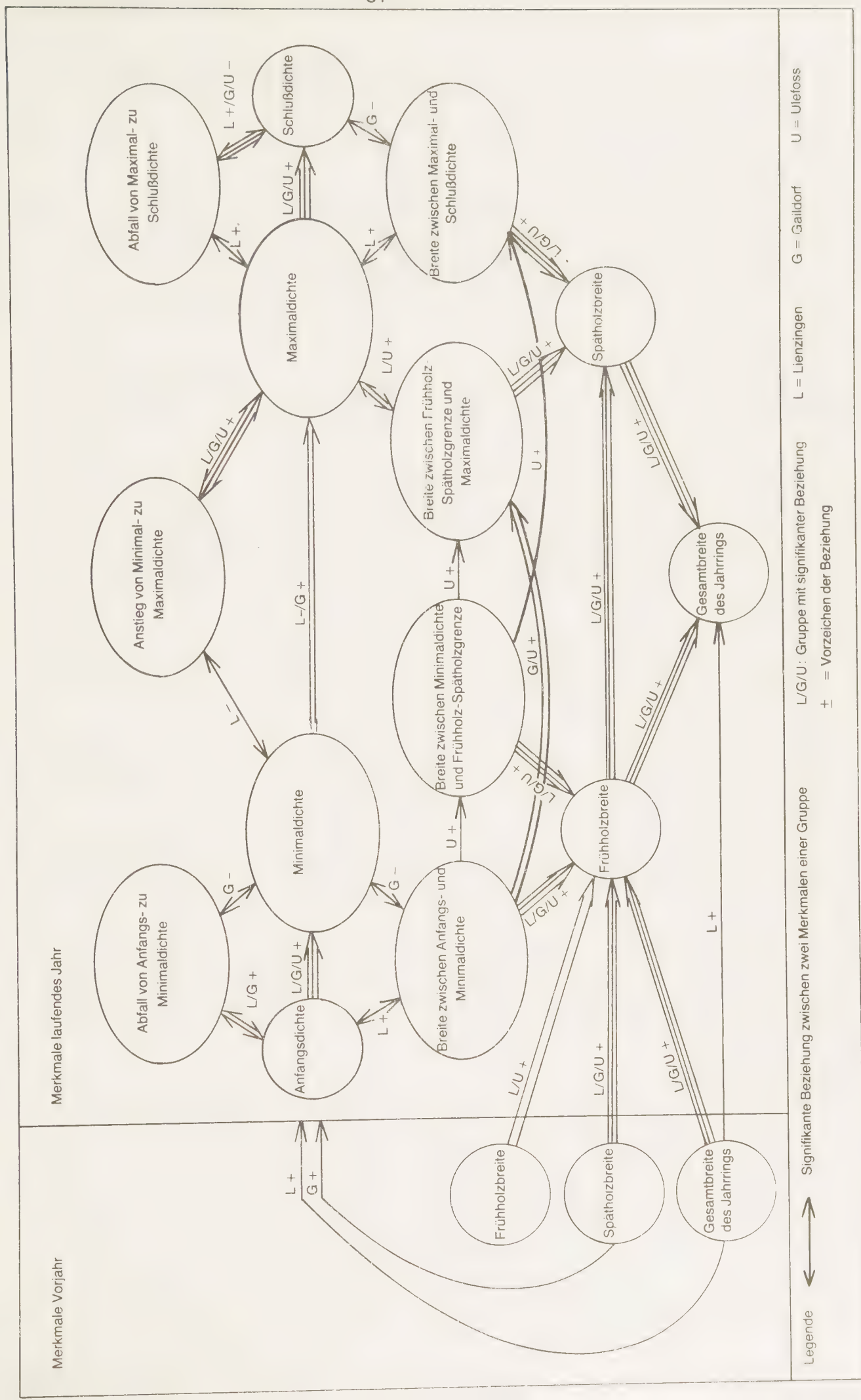
Zur Feststellung von Beziehungen zwischen den Profilmerkmalen innerhalb der Untersuchungsgruppen wurden die ausgeglichenen Zeitreihen auf Gleichläufigkeit und Korrelation zueinander geprüft. Die Ergebnisse sind in Anlage 2 zusammengestellt. Für jedes Profilmerkmal sind die errechneten Bezugswerte zu früher gebildeten Merkmalen und zu Teilmerkmalen auf eigenem Blatt dargestellt. Signifikante Werte sind bei einer Zufallswahrscheinlichkeit von 5 % einfach, bei einer Zufallswahrscheinlichkeit von 0.1 % doppelt unterstrichen.

Die Auswahl der verglichenen Merkmalsreihen ist gutächtig begrenzt auf die Merkmale, zwischen welchen nicht zufallsbedingte Beziehungen möglich scheinen, z.B.

- wenn ein Merkmal durch ein anderes quantitativ begrenzt wird (Anfangsdichte durch Minimaldichte, Schlußdichte durch Maximaldichte),
- wenn ein Merkmal Teil eines anderen Merkmals ist (Frühholzbreite als Teil der Gesamtbreite),
- wenn ein älteres Merkmal Ausdruck für eine Disposition des Baumes ist, die sich auf spätere Merkmale des Profils auswirkt; bekannt ist dieser "memory-effect" seit langem als Korrelation der Jahrringbreite zur Breite des Vorjahres (Autokorrelation, Reihenkorrelation),
- wenn zwei Merkmale teilweise zur gleichen Zeit und daher unter ähnlichen Wuchsbedingungen gebildet werden.

Die Vergleichsberechnungen ergeben zahlreiche signifikante Bezugswerte, die, in Abb. 4 zusammen dargestellt, eine Vorstellung vom Beziehungsgefüge zwischen den Profilmerkmalen des Jahrrings ermöglichen.

Abb. 4: Das Beziehungsgefüge zwischen den Jahrringmerkmalen



Im Einzelnen zeigen die Ergebnisse folgende Beziehungen:

#### Anfangsdichte

Die Gesamtbreite des Vorjahres steht zur Anfangsdichte in der Gruppe Lienzingen in positiver Beziehung.

Die Schlußdichte des Vorjahres steht zur Anfangsdichte in der Gruppe Gaildorf in positiver Beziehung.

#### Minimaldichte

In allen drei Gruppen besteht zwischen der Anfangsdichte und der Minimaldichte eine enge positive Beziehung.

#### Breite zwischen Anfangs- und Minimaldichte

Zwischen der begrenzenden Anfangsdichte und dem Merkmal besteht in der Gruppe Lienzingen positive Beziehung. In der Gruppe Gaildorf und Ulefoss ist diese Beziehung nur schwach positiv angedeutet.

Die Beziehung zwischen der begrenzenden Minimaldichte und dem Merkmal ist in der Gruppe Ulefoss negativ.

#### Abfall von Anfangs- zu Minimaldichte

Zwischen der begrenzenden Anfangsdichte und dem Merkmal besteht in den Gruppen Lienzingen und Gaildorf positive Beziehung, zwischen der begrenzenden Minimaldichte und dem Merkmal ist die Beziehung in der Gruppe Ulefoss negativ.

Die Beziehungen zwischen dem Merkmal und der "Breite zwischen Anfangs- und Minimaldichte" sind in den Gruppen Lienzingen und Ulefoss deutlich, in der Gruppe Gaildorf schwach positiv.

#### Maximaldichte

Die Minimaldichte zeigt zur Maximaldichte in der Gruppe Lienzingen eine negative, in der Gruppe Gaildorf eine positive Beziehung.

Breite zwischen Minimaldichte und Frühholz-Spätholzgrenze

Die vorangebildete "Breite zwischen Anfangs- und Minimaldichte" zeigt zum Merkmal in der Gruppe Ulefoss positive Beziehung.

Breite zwischen Frühholz-Spätholzgrenze und Maximaldichte

Die "Breite zwischen Anfangs- und Minimaldichte" steht zum Bezugsmerkmal in den Gruppen Gaildorf und Ulefoss in positiver Beziehung, ebenso die "Breite zwischen Minimaldichte und Frühholz-Spätholzgrenze" in der Gruppe Ulefoss.

Zwischen der begrenzenden Maximaldichte und dem Bezugsmerkmal besteht in den Gruppen Lienzingen und Ulefoss positive Beziehung.

Anstieg von Minimal- zu Maximaldichte

Zwischen der begrenzenden Minimaldichte und dem Bezugsmerkmal ist die Beziehung in den Gruppen Lienzingen und Ulefoss negativ.

Zwischen der begrenzenden Maximaldichte und dem Bezugsmerkmal besteht in allen drei Gruppen eine straff positive Beziehung.

Die Beziehungen der radialen Einzelmerkmale zwischen der Minimal- und Maximaldichte zum Bezugsmerkmal sind in allen Gruppen positiv.

Schlußdichte

Zwischen der Maximaldichte und Schlußdichte besteht in allen drei Gruppen straff positive Beziehung.

Breite zwischen Maximal- und Schlußdichte

Zwischen der begrenzenden Maximaldichte und dem Bezugsmerkmal besteht in den Gruppen Lienzingen und Gaildorf positive Beziehung.

Zwischen der begrenzenden Schlußdichte und dem Bezugsmerkmal besteht in der Gruppe Gaildorf negative Beziehung.

Die vorangebildeten radialen Merkmale zeigen zum Bezugsmerkmal nur eine signifikante Beziehung, d.h. eine positive Beziehung der "Breite zwischen Minimaldichte und Frühholz-Spätholzgrenze" zum Bezugsmerkmal in der Gruppe Ulefoss.

### Abfall von Maximal- zu Schlußdichte

Zwischen den begrenzenden Dichtepunkten Maximaldichte und Schlußdichte und dem Bezugsmerkmal besteht in der Gruppe Lienzingen jeweils eine deutlich positive Beziehung.

Negativ ist dagegen die Beziehung zwischen der Schlußdichte und dem Bezugsmerkmal in den Gruppen Gaildorf und Ulefoss.

Die Beziehung zwischen der "Breite zwischen Maximal- und Schlußdichte" und dem Bezugsmerkmal ist in allen drei Gruppen deutlich positiv.

### Frühholzbreite

Die Gesamtbreite und Spätholzbreite des Vorjahres stehen zur Frühholzbreite in allen drei Gruppen in positiver Beziehung.

Die Beziehung der Frühholzbreite des Vorjahres zur Frühholzbreite des laufenden Jahres (Autokorrelation) ist in den Gruppen Lienzingen und Ulefoss positiv.

Deutlich positiv ist jeweils die Beziehung zwischen der Frühholzbreite und ihren Teilmerkmalen "Breite zwischen Anfangs- und Minimaldichte" und "Breite zwischen Minimaldichte und Frühholz-Spätholzgrenze".

### Spätholzbreite

Die vorangebildeten Merkmale Frühholzbreite und "Breite zwischen Minimaldichte und Frühholz-Spätholzgrenze" stehen in allen Gruppen zur Spätholzbreite in positiver Beziehung.

Die Beziehung zwischen den Teilmerkmalen "Breite zwischen Frühholz-Spätholzgrenze und Maximaldichte" sowie "Breite zwischen Maximal- und Schlußdichte" und der Spätholzbreite ist in allen drei Gruppen deutlich positiv.

Zwischen der Maximaldichte und der Spätholzbreite besteht bei den Gruppen Lienzingen und Ulefoss eine positive Beziehung.

Zwischen der Schlußdicke und der Spätholzbreite ist die Beziehung in der Gruppe Lienzingen positiv, in der Gruppe Gaildorf dagegen negativ.

Die Beziehung zwischen "Abfall von Maximal- zu Schlußdicke" und der Spätholzbreite ist in allen drei Gruppen deutlich positiv.

#### Gesamtbreite

Die Gesamtbreite des Vorjahres steht zur Gesamtbreite des laufenden Jahres (Autokorrelation) in den drei Gruppen in nur schwach positiver Beziehung.

Die Beziehung der Anfangsdicke zur Gesamtbreite ist in der Gruppe Gaildorf positiv.

Zwischen der Maximaldicke sowie der Schlußdicke und der Gesamtbreite bestehen in der Gruppe Lienzingen deutlich positive Beziehungen.

Die Beziehungen zwischen den Dichtedifferenzen und der Gesamtbreite sind in den drei Gruppen meist deutlich positiv.

Zwischen den radialen Einzelmerkmalen und der Gesamtbreite bestehen jeweils straff positive Beziehungen. In Tabelle 2 sind die mehrfachen Bestimmtheitsmaße zwischen den Einzelmerkmalen und der Gesamtbreite zusammengestellt.

Tabelle 2

Mehrfache Bestimmtheitsmaße zwischen der Gesamtbreite und den radialen Einzelmerkmalen

| Untersuchungsgruppe | mehrfaches<br>Bestimmtheits-<br>maß | Anteil der Einzelmerkmale<br>am mehrfachen Bestimmtheits-<br>maß |                    |                    |                   |
|---------------------|-------------------------------------|------------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
|                     |                                     | F                                                                |                    | S                  |                   |
|                     |                                     | Br<br>Danf-<br>Dmin                                              | Br<br>Dmin-<br>55o | Br<br>55o-<br>Dmax | Br<br>Dmax-<br>Ds |
| Lienzingen          | 0.90                                | 13 %                                                             | 31 %               | 21 %               | 35 %              |
| Gaildorf            | 0.69                                | 14 %                                                             | 59 %               | 15 %               | 12 %              |
| Ulefoss             | 0.95                                | 22 %                                                             | 42 %               | 14 %               | 22 %              |

Die Tabelle zeigt den besonders starken Anteil des Einzelmerkmals "Breite zwischen Minimaldichte und Frühholz-Spätholzgrenze" (Br Dmin-55o) an den Schwankungen der Gesamtbreite; auffallend ist daneben in der Gruppe Lienzingen der starke Anteil des Einzelmerkmals "Breite zwischen Maximal- und Schlußdichte" (Br Dmax-Ds).

Faßt man die Anteile der Einzelmerkmale nach den Bereichen Frühholz und Spätholz zusammen, so werden die Schwankungen der Gesamtbreite bei der Gruppe Lienzingen stärker von der Spätholzbreite, bei den Gruppen Gaildorf und Ulefoss stärker von der Frühholzbreite bestimmt.

### 3.3 Dendroklimatologische Beziehungen

Zur Ermittlung der Beziehungen zwischen Witterung und Dichte-  
profil wurden in einem ersten Schritt die Gleichläufigkeits-  
prozente (GL) der Profilvermerkmale zu den monatlichen Durch-  
schnittstemperaturen und Niederschlagssummen vom Mai des Vor-  
jahres bis August-November des laufenden Jahres festgestellt.  
So ergab sich für jedes Merkmal eine Reihe von Gleichläufig-  
keitsprozentsen zu den monatlichen Witterungsdaten.

Die Gleichläufigkeitsprozente sind in Anlage 3 zusammen-  
gestellt. Dabei ist für jedes Profilvermerkmal ein eigenes Blatt  
angelegt. Die signifikanten Werte mit einer Zufallswahrschein-  
lichkeit von weniger als 5 % sind einfach, von weniger als  
0.1 % sind doppelt unterstrichen.

Die Reihe der Gleichläufigkeitsprozente zwischen Profilvermerkmal  
und Witterung vom Vorjahr bis zum laufenden Jahr zeigt häufig  
für einen mehrmonatigen Zeitraum eine stärkere, z.T. signifikan-  
te Abweichung von 50 %. Für diesen Zeitraum wurden in einem  
zweiten Schritt die Korrelationskoeffizienten (r) zwischen  
Witterungs- und Profilvermerkmal berechnet. Die Ergebnisse sind  
ebenfalls in Anlage 3 aufgeführt.

#### 3.3.1 Zusammenfassende zeitliche Ordnung der Bezugswerte

Tabelle 3 zeigt in Form einer Häufigkeitsverteilung die signi-  
fikanten Bezugswerte zwischen Witterungs- und Profilvermerkmalen.  
Dabei sind jeweils fünf Profilvermerkmale des Frühholz- und des  
Spätholzbereichs zusammengefaßt. Für jeden Bereich sind pro  
Monat somit 30 Gleichläufigkeitsprozente berechnet.

Die einzelnen Bezugswerte (dargestellt als x) haben eine Zu-  
fallswahrscheinlichkeit bis zu 5 %. Wegen der zweiseitigen  
Fragestellung ist damit zu rechnen, daß in 10 % aller Be-  
rechnungsfälle die Signifikanzschwelle zufällig erreicht  
wird, d.h. in drei Fällen je Monat und Merkmalsbereich.

Wird diese Zahl bei einem Monat wesentlich überschritten, so ist anzunehmen, daß die Beziehungen zwischen den Witterungsmerkmalen dieses Monats und den Profilmerkmalen nicht nur zufällig bedingt sind.

Z.B. bestehen 11 signifikante Gleichläufigkeitsprozente zwischen der Aprilwitterung und den Profilmerkmalen des Frühholzbereichs. Es ist zu vermuten, daß diese Häufung signifikanter Bezugswerte durch kausale Beziehungen zwischen der Aprilwitterung und den Profilmerkmalen bedingt ist.

Diese Überlegung gilt im Grundsatz auch für die aufgeführten Korrelationskoeffizienten, doch ist zu berücksichtigen, daß die Auswahl der Korrelationskoeffizienten bereits auf einen bestimmten Bereich beschränkt ist.

Tabelle 3

Häufigkeitsverteilung der signifikanten Gleichläufigkeitsprozente (GL) und Korrelationskoeffizienten (r) zwischen Witterungs- und Profilmerkmalen.

| Monat des Witterungsmerkmals | Profilmerkmale des Frühholzbereichs: Anfangsdichte, Minimaldichte, Breite und Abfall zwischen Anfangs- und Minimaldichte, Breite zw. Minimaldichte und Frühholz-Spätholzgrenze |         | Profilmerkmale des Spätholzbereichs: Breite zwischen Frühholz-Spätholzgrenze und Maximaldichte, Maximal- und Schlußdichte, Breite und Abfall zwischen Maximal- und Schlußdichte |             |
|------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
|                              | GL                                                                                                                                                                             | r       | GL                                                                                                                                                                              | r           |
| Vorjahr                      |                                                                                                                                                                                |         |                                                                                                                                                                                 |             |
| Mai                          | xxxxxxx                                                                                                                                                                        | x       | xxxx                                                                                                                                                                            |             |
| Juni                         | xxxxxx                                                                                                                                                                         |         | xxxxxxxxxxx                                                                                                                                                                     | xxx         |
| Juli                         | xxxx                                                                                                                                                                           |         | xxxxxxx                                                                                                                                                                         |             |
| August                       | xxxxx                                                                                                                                                                          |         | xxxxxxx                                                                                                                                                                         |             |
| September                    |                                                                                                                                                                                |         | xxxxxxx                                                                                                                                                                         |             |
| Oktober                      | xxxxx                                                                                                                                                                          | xx      | xxxxx                                                                                                                                                                           |             |
| November                     | xxx                                                                                                                                                                            |         | xxxxx                                                                                                                                                                           | xx          |
| Dezember                     | xxxxxx                                                                                                                                                                         | x       | x                                                                                                                                                                               |             |
| Laufendes Jahr               |                                                                                                                                                                                |         |                                                                                                                                                                                 |             |
| Januar                       | xxxxxxxxx                                                                                                                                                                      | xxx     | xxxxxx                                                                                                                                                                          | xxx         |
| Februar                      | xxxxx                                                                                                                                                                          | xxxxxxx | x                                                                                                                                                                               | x           |
| März                         | xxxxxx                                                                                                                                                                         | xxxx    | xxxx                                                                                                                                                                            | xxxx        |
| April                        | xxxxxxxxxxx                                                                                                                                                                    | xxxxxxx | xxxx                                                                                                                                                                            | xxxx        |
| Mai                          | xxxxxxxxxx                                                                                                                                                                     | xxxxxxx | xx                                                                                                                                                                              |             |
| Juni                         | xxxxxxx                                                                                                                                                                        | xx      | xxxxxxxxxxx                                                                                                                                                                     | xxxxxxxxxxx |
| Juli                         | xxxx                                                                                                                                                                           |         | xxxxxxxxxxx                                                                                                                                                                     | xxxxxxxxxxx |
| August                       | xxxxx                                                                                                                                                                          |         | xxxxxxxxxxx                                                                                                                                                                     | xxxxxxxxxxx |
| September                    |                                                                                                                                                                                |         | xxxxxxx                                                                                                                                                                         | xxxxxxxxxxx |
| Oktober                      |                                                                                                                                                                                |         | xxxx                                                                                                                                                                            | xxxx        |
| November                     |                                                                                                                                                                                |         | xx                                                                                                                                                                              | xx          |

Jedes x entspricht einem signifikanten Bezugswert (GL oder r)

Aus der Häufigkeitsverteilung der signifikanten Bezugswerte gehen vier zeitliche Schwerpunkte hervor, in denen die Zahl der zufällig zu erwartenden signifikanten Werte deutlich überschritten wird:

- die Vorjahresmonate Mai und Juni, bezogen auf den Frühholzbereich,
- die Vorjahresmonate Juni bis September, bezogen auf den Spätholzbereich,
- die Monate Dezember des Vorjahres bis Juni des laufenden Jahres, bezogen auf den Frühholzbereich,
- die Monate Juni bis September des laufenden Jahres, bezogen auf den Spätholzbereich.

### 3.3.2 Die Beziehungen der Witterungsmerkmale zu den einzelnen Profilmerkmalen

Nachstehend werden anhand der Bezugswerte in Anlage 3 die Beziehungen der Witterungsmerkmale zu den einzelnen Profilmerkmalen dargestellt. Dabei sind einzelne, zeitlich isolierte oder nicht in das Gesamtbild passende Beziehungen wegen der möglichen Zufallsbedingtheit in der Regel nicht aufgenommen.

#### Anfangsdichte

Die Temperatur der Monate Januar bis April steht in den drei Gruppen zur Anfangsdichte in positiver Beziehung.

Die Niederschläge der Monate April und Mai stehen in den Gruppen Lienzingen und Gaildorf zur Anfangsdichte in negativer Beziehung.

#### Minimaldichte

Die April-Temperatur steht in den drei Gruppen zur Minimaldichte in positiver Beziehung.

Die Niederschläge der Monate Januar bis Juni stehen in den drei Gruppen zur Minimaldichte in überwiegend negativer Beziehung.

### Breite zwischen Anfangs- und Minimaldichte

Die Januar-Temperatur steht in den drei Gruppen zum Profilmerkmal in positiver Beziehung, die Mai-Temperatur in negativer Beziehung.

Die Beziehungen der Niederschläge zum Profilmerkmal zeigen keine einheitliche Tendenz.

### Abfall von Anfangs- zu Minimaldichte

Die Februar-Temperatur steht in den drei Gruppen zum Profilmerkmal in positiver Beziehung. Deutlich negativ ist in der Gruppe Ulefoss die Beziehung der Mai-Temperatur zum Profilmerkmal.

Die April-Niederschläge stehen in den drei Gruppen zum Profilmerkmal in negativer Beziehung.

### Maximaldichte

Die Temperatur der Sommermonate steht in der Gruppe Lienzingen zur Maximaldichte in überwiegend negativer Beziehung, in den Gruppen Gaildorf und Ulefoss dagegen in positiver Beziehung. Bei der Gruppe Ulefoss fällt die positive Beziehung der März- und April-Temperaturen zur Maximaldichte auf.

Die Niederschläge der Sommermonate zeigen in der Gruppe Lienzingen zur Maximaldichte positive Beziehung, in der Gruppe Gaildorf dagegen negative Beziehung.

In der Gruppe Gaildorf bestehen signifikante Korrelationen zwischen der Maximaldichte und der Juni-Temperatur, den Juli-Niederschlägen, der August-Temperatur, der September-Temperatur, den September-Niederschlägen sowie den Oktober-Niederschlägen. Das mehrfache Bestimmtheitsmaß zwischen diesen Witterungsmerkmalen und der Maximaldichte beträgt 0.54. Hieran haben die einzelnen Witterungsmerkmale folgende Anteile: Juni-Temperatur 13 %, Juli-Niederschläge 10 %, August-Temperatur 23 %, September-Temperatur 20 %, September-Niederschläge 19 %, Oktober-Temperatur 15 %.

Die Regressionsgleichung zu diesen Merkmalen beträgt

$$D_{\max} \text{ Gaildorf in mg/ccm} = 710 - 6.9 \times \text{Juni} - T^{\circ}\text{C} - 0.22 \times \text{Juli-N mm} + 9.6 \times \text{August} - T^{\circ}\text{C} + 8.3 \times \text{September-T}^{\circ}\text{C} - 0.32 \times \text{September-N mm} + 0.7 \times \text{Oktober-T}^{\circ}\text{C}$$

Breite zwischen Minimaldichte und Frühholz-Spätholzgrenze

Die Temperatur der Monate Februar und März steht in den Gruppen Lienzingen und Ulefoss zum Merkmal in positiver Beziehung; die Mai-Temperatur steht in beiden Gruppen zum Profilmerkmal in negativer Beziehung.

Die Niederschläge der Frühjahrsmonate stehen in den drei Gruppen zum Profilmerkmal in positiver Beziehung.

Breite zwischen Frühholz-Spätholzgrenze und Maximaldichte

Die Juli-Temperatur steht in den drei Gruppen zum Merkmal in negativer Beziehung; auffallend ist in der Gruppe Ulefoss eine Häufung positiver Beziehungen der Temperatur der Monate Februar bis April zum Profilmerkmal.

Die Niederschläge der Monate Juni und Juli stehen in den Gruppen Lienzingen und Gaildorf zum Profilmerkmal in positiver Beziehung.

Anstieg von Minimal- zu Maximaldichte

Die Temperatur der Sommermonate steht in der Gruppe Lienzingen zum Profilmerkmal in negativer Beziehung. In der Gruppe Gaildorf steht die Juni-Temperatur zum Profilmerkmal in negativer, die August- und Septembertemperatur in positiver Beziehung. In der Gruppe Ulefoss steht die Juli-Temperatur zum Profilmerkmal in positiver Beziehung; auffallend ist daneben in der Gruppe Ulefoss die positive Beziehung der März- und April-Temperatur zum Profilmerkmal.

Die Niederschläge der Monate Juni und Juli stehen in der Gruppe Lienzingen zum Profilmerkmal in positiver Beziehung. Positiv ist auch die Beziehung der Juni-Niederschläge zum Profilmerkmal in der Gruppe Gaildorf. Dagegen sind in der Gruppe Gaildorf die Beziehungen der Niederschläge der Monate Juli bis September zum Profilmerkmal negativ. In der Gruppe Ulefoss sind die Beziehungen der Juni- und Juli-Niederschläge zum Profilmerkmal ebenfalls negativ.

Schlußdichte

Die Beziehungen der Witterung zur Schlußdichte sind ähnlich wie die Beziehungen der Witterung zur Maximaldichte.

Die Temperatur des Monats Juli steht in der Gruppe Lienzingen zur Schlußdichte in negativer Beziehung; in den Gruppen Gaildorf und Ulefoss ist dagegen die Beziehung der Temperatur der Monate August und September zur Schlußdichte positiv. Bei der Gruppe Ulefoss ist die Beziehung der Temperatur der Monate März und April zur Schlußdichte im Gegensatz zur Maximaldichte nicht signifikant positiv.

Die Niederschläge der Monate Juni und Juli stehen in der Gruppe Lienzingen zur Schlußdichte in positiver Beziehung; negativ sind die Beziehungen der Sommerniederschläge zur Schlußdichte in den Gruppen Gaildorf und Ulefoss.

#### Breite zwischen Maximal- und Schlußdichte

In allen drei Gruppen ist die Beziehung der Temperatur der Sommermonate zum Profilmerkmal negativ, die Beziehung der Niederschläge dieses Zeitraums positiv.

#### Abfall von Maximal- zu Schlußdichte

Die Beziehungen der Witterung zu diesem Merkmal sind ähnlich wie die Beziehungen der Witterung zur Breite zwischen beiden Dichtepunkten. Auffallend ist bei der Gruppe Ulefoss eine stark negative Beziehung der Juni-Niederschläge des Vorjahres zum Profilmerkmal.

#### Frühholzbreite

Die Temperatur der Monate Februar und März steht in den Gruppen Lienzingen und Ulefoss zur Frühholzbreite in positiver Beziehung. Negativ ist die Beziehung der Mai-Temperatur zur Frühholzbreite in den Gruppen Lienzingen und Ulefoss und der Juni-Temperatur in der Gruppe Gaildorf.

Die Juni-Niederschläge stehen in den Gruppen Lienzingen und Ulefoss zur Frühholzbreite in positiver Beziehung.

#### Spätholzbreite

In allen drei Gruppen steht die Temperatur der Sommermonate zur Spätholzbreite in negativer Beziehung. Die Niederschläge dieses Zeitraums stehen zur Spätholzbreite in positiver Beziehung.

Gesamtbreite

Die Temperatur der Monate Februar und März steht in allen drei Gruppen zur Gesamtbreite in positiver Beziehung, die Temperatur der Sommermonate zeigt dagegen negative Beziehungen.

Die Juni-Niederschläge stehen in den Gruppen Lienzingen und Ulefoss zur Gesamtbreite in positiver Beziehung.

Die Beziehung der Jahresniederschläge von Oktober des Vorjahres bis September zur Gesamtbreite ist in allen drei Gruppen positiv.

### 3.4 Dendrochronologische Ergebnisse

#### 3.4.1 Vergleich von Einzelmerkmalen

In den dendrochronologischen Vergleichsrechnungen wird der Verlauf der - von mittel- und langfristigen Trends bereinigten - Merkmalsmittelreihen auf Ähnlichkeit zwischen den Untersuchungsgruppen geprüft. Eine signifikante Ähnlichkeit im Verlauf eines Merkmals bei zwei Gruppen deutet daraufhin, daß das Merkmal für Datierungsvergleiche zwischen Holzproben aus diesen Gruppen geeignet ist.

Dendrochronologische Beziehungsmaße sind die Korrelationskoeffizienten ( $r$ ) und die Gleichläufigkeitsprozente (GL) zwischen den Mittelreihen.

Verglichene Merkmalsmittelreihen sind

- für die Maximaldichte die Werte der Untersuchungsgruppen Lienzingen, Gaildorf, Krauchthal, Fessenheim, Charmes und Ulefoss.
- für die Minimaldichte, den Anstieg von Minimal- zu Maximaldichte und die Gesamtbreite die Werte der Untersuchungsgruppen Lienzingen, Gaildorf, Fessenheim, Charmes und Ulefoss.
- für alle übrigen Merkmale die Werte der Untersuchungsgruppen Lienzingen, Gaildorf und Ulefoss.

Die Ergebnisse der Vergleichsrechnungen sind in Anlage 4 zusammengestellt.

#### Anfangsdichte

Ähnlichkeit besteht zwischen den Gruppen Lienzingen und Gaildorf.

#### Minimaldichte

Zwischen allen mitteleuropäischen Gruppen bestehen Ähnlichkeiten.

Zur norwegischen Gruppe Ulefoss besteht eine signifikante Gleichläufigkeit der Gruppe Gaildorf; die übrigen m.e. Gruppen zeigen zur Gruppe Ulefoss keine Ähnlichkeit.

Breite zwischen Anfangs- und Minimaldichte sowie Abfall von Anfangs- zu Minimaldichte

Zwischen den drei verglichenen Gruppen Lienzingen, Gaildorf und Ulefoss bestehen keine signifikanten Ähnlichkeiten.

Maximaldichte

Im mitteleuropäischen Bereich bestehen Ähnlichkeiten zwischen den Gruppen Lienzingen/Fessenheim, Lienzingen/Krauchthal, Lienzingen/Charmes, Fessenheim/Krauchthal, Gaildorf/Charmes und Fessenheim/Charmes.

Keine signifikante Ähnlichkeit besteht dagegen zwischen den beiden südwestdeutschen Gruppen Lienzingen und Gaildorf.

Zur Gruppe Ulefoss zeigen nur die Werte der Gruppe Gaildorf signifikante Gleichläufigkeit.

Breite zwischen Minimaldichte und Frühholz-Spätholzgrenze

Zwischen den Gruppen Lienzingen und Gaildorf besteht Ähnlichkeit.

Breite zwischen Frühholz-Spätholzgrenze und Maximaldichte

Zwischen den Gruppen Lienzingen und Gaildorf besteht Ähnlichkeit. Auffallend ist eine deutliche Ähnlichkeit zwischen den Gruppen Gaildorf und Ulefoss.

Anstieg von Minimal- zu Maximaldichte

Im mitteleuropäischen Bereich sind die Ähnlichkeiten signifikant zwischen den Gruppen Lienzingen/Gaildorf, Lienzingen/Fessenheim, Lienzingen/Charmes, Gaildorf/Charmes und Fessenheim/Charmes.

Auffallend ist die Ähnlichkeit zwischen den Gruppen Gaildorf/Ulefoss und Charmes/Ulefoss.

Schlußdichte

Zwischen den drei Vergleichsgruppen Lienzingen, Gaildorf und Ulefoss sind keine Ähnlichkeiten festgestellt.

Breite zwischen Maximal- und Schlußdichte

Ähnlichkeit besteht zwischen den Gruppen Lienzingen und Gaildorf.

#### Abfall von Maximal- zu Schlußdichte

Zwischen den drei Vergleichsgruppen sind keine Ähnlichkeiten festzustellen.

#### Frühholzbreite

Ähnlichkeit besteht zwischen den Gruppen Lienzingen und Gaildorf.

#### Spätholzbreite

Die Gruppen Lienzingen/Gaildorf zeigen deutliche Ähnlichkeit; schwach signifikant ist die Ähnlichkeit zwischen den Gruppen Lienzingen und Ulefoss.

#### Gesamtbreite

Ähnlichkeiten bestehen zwischen allen mitteleuropäischen Gruppen, jedoch nicht zur norwegischen Gruppe Ulefoss.

### 3.4.2 Vergleich von getrennter und gemeinsamer dendrochronologischer Verwendung mehrerer Jahrringmerkmale

Die Merkmale Minimaldichte, Maximaldichte und Gesamtbreite sind bei den eigenen Untersuchungsgruppen Lienzingen, Gaildorf und Ulefoss sowie bei den beiden ostfranzösischen Gruppen Fessenheim und Charmes in der Untersuchung von Bazerque (1974) erhoben. Aus diesem Grund werden diese drei Merkmale nach dem in Abschnitt 2.6.4.3 beschriebenen Verfahren dendrochronologisch gemeinsam verwendet.

Wichtigste Kennziffern sind

- die Phi-Koeffizienten als Ausdruck für die Abhängigkeiten zwischen den Gleichläufigkeiten verschiedener Merkmale,
- die durchschnittlichen Gleichläufigkeitsprozente, berechnet aus den Gleichläufigkeiten der einzelnen Profilmerkmale zwischen den Gruppen.

Die Phi-Koeffizienten sind in Anlage 5 zusammengestellt. Bei allen Merkmalsvergleichen besteht eine starke Streuung der Phi-Werte von 0,0 bis 0,25. Doch liegt der größte Wert mit 0,25 erheblich unter dem theoretischen Maximalwert von 1,0.

Die durchschnittlichen Gleichläufigkeitsprozente sind zusammen mit den Gleichläufigkeiten bei getrennter Merkmalsverwendung in Tabelle 4 dargestellt:

- Bei getrennter Merkmalsverwendung (Zeile 3-5) sind 17 von 30 Gleichläufigkeitsprozenten signifikant; doch wird die Zufallswahrscheinlichkeit von 0,1 % in keinem Fall erreicht.
- Bei gemeinsamer Merkmalsverwendung (Zeile 8) sind 7 von 10 Gleichläufigkeiten signifikant, davon 3 Werte mit 0.1 % Zufallswahrscheinlichkeit, 4 Werte mit 5 %. Die Signifikanz der Gleichläufigkeiten zwischen den Gruppen steigt somit bei gemeinsamer Verwendung der drei Merkmale in der Regel an.
- Nur beim Vergleich der Gruppen Gaildorf/Fessenheim bringt die Gleichläufigkeit des Einzelmerkmals Gesamtbreite eine höhere Signifikanz (5 %) als das durchschnittliche Gleichläufigkeitsprozent.
- Die ostfranzösische Gruppe Charmes zeigt bei gemeinsamer Merkmalsverwendung zu allen Gruppen signifikante Ähnlichkeiten.

Tabelle 4

Getrennte und gemeinsame dendrochronologische Verwendung von  
Minimaldichte, Maximaldichte und Gesamtbreite

Verglichene Gruppen

|                                                |                                  | Lienzingen/<br>Gaildorf | Lienzingen/<br>Fessenheim | Lienzingen/<br>Charmes | Gaildorf/<br>Fessenheim | Gaildorf/<br>Charmes | Fessenheim/<br>Charmes | Ulefoss/<br>Lienzingen | Ulefoss/<br>Fessenheim | Ulefoss/<br>Charmes | Ulefoss/<br>Gaildorf |
|------------------------------------------------|----------------------------------|-------------------------|---------------------------|------------------------|-------------------------|----------------------|------------------------|------------------------|------------------------|---------------------|----------------------|
| A Getrennte Merkmals-<br>verwendung            |                                  |                         |                           |                        |                         |                      |                        |                        |                        |                     |                      |
| (1)                                            | Mindestgleich-<br>läufigkeit bei |                         |                           |                        |                         |                      |                        |                        |                        |                     |                      |
|                                                | 5 % Zufallswahrsch.              | 60                      | 62                        | 62                     | 62                      | 62                   | 62                     | 64                     | 64                     | 64                  | 64                   |
| (2)                                            | bei 0.1 % Zuf.w.                 | 69                      | 73                        | 73                     | 73                      | 73                   | 73                     | 75                     | 75                     | 75                  | 75                   |
| Gleichläufigkeiten<br>bei                      |                                  |                         |                           |                        |                         |                      |                        |                        |                        |                     |                      |
| (3)                                            | Minimaldichte                    | 68                      | 71                        | 65                     | 56                      | 67                   | 69                     | 49                     | 41                     | 64                  | 74                   |
| (4)                                            | Maximaldichte                    | 53                      | 63                        | 64                     | 41                      | 66                   | 51                     | 61                     | 56                     | 61                  | 73                   |
| (5)                                            | Gesamtbreite                     | 67                      | 71                        | 71                     | 62                      | 69                   | 72                     | 56                     | 57                     | 63                  | 51                   |
| B Gemeinsame<br>Merkmalsverw.                  |                                  |                         |                           |                        |                         |                      |                        |                        |                        |                     |                      |
| Mindestgleichläufigk.<br>bei $\phi = 0,25$ und |                                  |                         |                           |                        |                         |                      |                        |                        |                        |                     |                      |
| (6)                                            | 5 % Zufallswahrsch.              | 57                      | 59                        | 59                     | 59                      | 59                   | 59                     | 60                     | 60                     | 60                  | 60                   |
| (7)                                            | 0.1 % Zufallsw.                  | 63                      | 66                        | 66.3                   | 66                      | 66                   | 66                     | 69                     | 69                     | 69                  | 69                   |
| Durchschnittl.<br>Gleichläufigkeit             |                                  |                         |                           |                        |                         |                      |                        |                        |                        |                     |                      |
| (8)                                            | Zeile (3)+(4)+(5)<br>3           | 62.7                    | 68                        | 66.7                   | 53                      | 67                   | 64                     | 55                     | 51                     | 62                  | 66                   |

Einfach unterstrichene Werte haben eine Zufallswahrscheinlichkeit von 5 %.

Doppelt unterstrichene Werte haben eine Zufallswahrscheinlichkeit von 0.1 %.

## 4. DISKUSSION

### 4.1 Mängel und Grenzen der Methodik

#### 4.1.1 Technik

Ein technischer Mangel, durch den einige Dichtepprofile beeinflusst sind, ist die Unschärfe mancher Röntgenaufnahmen. Hierdurch werden feine Dichtevariationen ausgeglichen. Das Dichtemaximum erscheint zu niedrig, das Dichteminimum zu hoch.

Mit demselben Effekt werden feine Dichtevariationen auch durch das Mikrodensitometer ausgeglichen:

Im Extremfall ist eine Dichtevariation durch eine Einzelzelle bedingt, deren Ausdehnung von 15 bis 40 Mikron ( $1/1000$  mm) variieren kann (eigene Messungen). Der Meßlichtstrahl des Densitometers hatte für die vorliegende Untersuchung eine Ausdehnung von 100 Mikron in radialer Richtung des Holzkörpers, das entspricht 2 bis 7 Holzzellen, und 500 Mikron in tangentialer Richtung, das entspricht 10 bis 30 Holzzellen.

Um die Feinvariationen vollständiger zu erfassen, kann der Lichtmeßstrahl im Schweizer Institut in Birmersdorf bis auf 30 Mikron in radialer Richtung verkleinert werden, das entspricht 1 bis 2 Zellen.

In der Praxis ist bei sehr engen Jahrringen die möglichst exakte Erfassung der Feinvariationen der Holzdichte notwendig, besonders bei Bäumen aus dem Bereich der Wald- und Baumgrenze. Bei breiteren Jahrringen stimmen dagegen Dichteverlauf und Verlauf des Zellwand-Lumenverhältnisses weitgehend überein.

#### 4.1.2 Stichprobenumfang

Die Merkmalsmittelreihen der drei Untersuchungsgruppen sind mit je 4 bis 6 Einzelreihen belegt. Diese Belegung gilt als Unter-

grenze für standortstypische Mittelreihen (Delorme, 1973, Parker et al. 1971).

Die Länge des Untersuchungszeitraums umfaßt zwischen 56 und 70 Jahre. Für die Feststellung statistisch gesicherter Beziehungen zwischen den Zeitreihen von Profil- und Witterungsmerkmalen reicht der vorliegende Stichprobenumfang aus.

Für die statistische Absicherung möglicher Unterschiede derselben Merkmale verschiedener Untersuchungsgruppen reicht die Belegung nicht aus. Bazerque (1974) arbeitete mit je 25 Proben je Untersuchungsgruppe, konnte jedoch auch bei dieser Belegung keine gesicherten Unterschiede zwischen den Gruppen feststellen.

#### 4.1.3 Repräsentanz der Stichproben

Die standörtliche Auswahl der Bohrspäne erfolgte in den einzelnen Untersuchungsgruppen mit dem Ziel, "normale" Standortsverhältnisse im Bereich der Untersuchungsgruppen zu erfassen; auf die Erfassung extremer Standortsverhältnisse, z.B. trockene Kuppen oder feuchte Mulden, wurde verzichtet.

Wegen der geringen lokalen Ausdehnung der Untersuchungsgruppen muß damit gerechnet werden, daß die Mittelkurven nur für die lokalen Verhältnisse repräsentativ sind, nicht aber ohne weiteres auf größere Einheiten, z.B. Wuchsbezirke, übertragen werden können.

#### 4.1.4 Signifikanzschwellen

In der vorliegenden Arbeit werden Bezugswerte mit Zufallswahrscheinlichkeiten von 5 und 0.1 % in der Regel als Hinweise auf mögliche Beziehungen zwischen zwei Zeitreihen angesehen. Die angegebene Zufallswahrscheinlichkeit ist zwar für den einzelnen Bezugswert gültig, doch steigt bei der Berechnung einer größeren Zahl von Bezugswerten die Wahrscheinlichkeit, daß "zufällig" ein signifikanter Bezugswert besteht (Brandt, 1975). Aus diesem Grund sind bei der Interpretation der einzelnen

Bezugswerte weitere Plausibilitätshinweise zu berücksichtigen. Diese sind z.B.

- zeitlicher Zusammenhang zwischen zwei Bezugsmerkmalen
- ähnliche Bezugswerte zu oder zwischen benachbarten Merkmalen
- ähnliche Ergebnisse anderer Untersuchungen.

#### 4.1.5 Wertung der Beziehungsmaße

Beziehungsmaße zum Merkmalsvergleich sind in der vorliegenden Arbeit das Gleichläufigkeitsprozent und der Korrelationskoeffizient.

Nach den vorliegenden Ergebnissen liegt - wie zu erwarten - bei einer positiven Korrelation das Gleichläufigkeitsprozent über 50 (Gleichsinnigkeit), bei einer negativen Korrelation unter 50 (Gegensinnigkeit). Doch ist in vielen Fällen nur eines der beiden Beziehungsmaße signifikant.

Tabelle 5

Häufigkeit signifikanter Gleichläufigkeitsprozente (GL) und Korrelationskoeffizienten (r)

|                                                                          | GL und r<br>signifikant | nur GL<br>sign. | nur r<br>sign. |
|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-----------------|----------------|
| A Beziehungen zwischen den<br>Profilmerkmalen inner-<br>halb der Gruppen | 64                      | 14              | 31             |
| B Dendroklimatologische<br>Beziehungen                                   | 75                      | 166             | 77             |
| C Dendrochronologische<br>Beziehungen                                    | 24                      | 7               | 3              |

In Tabelle 5 ist die Häufigkeit der signifikanten Bezugswerte in den drei Beziehungsbereichen A-C zusammengestellt. Es fällt auf, daß sich die signifikanten GL- und r-Werte nicht gleichartig verteilen:

So überwiegen bei den Beziehungen zwischen den Profilmerkmalen (A) die Fälle, in denen sowohl GL wie auch r signifikant sind. Daneben bestehen in größerem Umfang signifikante r-Werte ohne signifikante GL-Werte, während die signifikanten GL-Werte ohne signifikante r-Werte nur einen geringen Anteil einnehmen.

Bei den dendroklimatologischen Beziehungen (B) ist dagegen der Anteil der Beziehungen mit signifikantem GL und  $r$  am geringsten, es überwiegt der Anteil der Beziehungen mit ausschließlich signifikantem GL.

Die dendrochronologischen Beziehungen (C) sind überwiegend gekennzeichnet durch signifikante GL mit signifikantem  $r$ . Die unterschiedliche Verteilung der Bezugswerte ist aus dem verschiedenartigen Aussagecharakter des Gleichläufigkeitsprozents und des Korrelationskoeffizienten erklärbar: Das Gleichläufigkeitsprozent liefert Hinweise auf bestimmte Tendenzen in der Beziehung zwischen zwei Merkmalen. Dabei kann die Tendenz linear oder exponentiell verlaufen.

Der Korrelationskoeffizient drückt die Straffheit der Beziehung durch Gewichtung der Merkmale aus. Er berücksichtigt Extremwerte stärker als das Gleichläufigkeitsprozent. Jedoch setzt er lineare Beziehungen voraus. Exponentiell verlaufende Beziehungen können durch den Korrelationskoeffizienten nicht vollständig erfaßt werden.

Bei starker Häufung der Fälle, in denen das Gleichläufigkeitsprozent und der Korrelationskoeffizient signifikant sind, ist anzunehmen, daß die Beziehungen der verglichenen Merkmale weitgehend linear verlaufen; dies gilt in dieser Arbeit für die Beziehungen zwischen den Profilmerkmalen innerhalb der Gruppen (A) und für die dendrochronologischen Beziehungen (C).

Der hohe Anteil dendroklimatologischer Beziehungen mit ausschließlich signifikantem Gleichläufigkeitsprozent deutet daraufhin, daß diese Beziehungen häufig exponentiell verlaufen und durch den Korrelationskoeffizienten nicht immer erfaßt werden können.

## 4.2 Das Dichteprofil als Mittel zur Charakterisierung des Jahrringaufbaus

### 4.2.1 Untersuchte Merkmale

Bisher erfolgte die quantitative Jahrringbeschreibung in der Regel mithilfe von Einzelmerkmalen, wie Gesamtbreite, Frühholzbreite, Spätholzbreite, Minimaldichte, Maximaldichte. Diese sind für den Jahrring charakteristisch, sagen jedoch noch wenig über den Verlauf des Jahrringaufbaus, wie er durch das Dichteprofil dargestellt wird. Da der Verlauf nicht als mathematische Funktion beschreibbar ist, wird in der vorliegenden Arbeit versucht, das Dichteprofil durch die Position - Dichte und radialer Wert - von fünf Kardinalpunkten zu beschreiben: Anfangsdichte, Minimaldichte, Frühholz- Spätholzgrenze, Maximaldichte, Schlußdichte.

Aus Dichte und radialem Wert der Kardinalpunkte werden 14 Merkmale abgeleitet, die den Verlauf des Profils punktuell, in einzelnen Abschnitten und summarisch charakterisieren. Zum Teil sind die auf diese Weise beschriebenen Merkmale schon seit langem in der Jahrringanalyse üblich - Gesamtbreite, Frühholz- und Spätholzbreite-, zum Teil sind sie in den bisherigen Arbeiten der Röntgendensitometrie definiert, Minimal- und Maximaldichte, Anstieg von Minimal- zu Maximaldichte (Polge, 1966, Keller u. Millier, 1970).

Folgende Merkmale werden in dieser Arbeit erstmals beschrieben: Anfangsdichte, Abfall von Anfangs- zu Minimaldichte, Breite zwischen Anfangs- und Minimaldichte, Breite zwischen Minimaldichte und Frühholz-Spätholzgrenze, Breite zwischen Frühholz-Spätholzgrenze und Maximaldichte, Breite zwischen Maximal- und Schlußdichte, Abfall von Maximal- zu Schlußdichte, Schlußdichte.

### 4.2.2 Anatomische Interpretation des Dichteprofiles der Kiefer

Das Dichteprofil ist eine graphische Darstellung des Jahrringaufbaus. So entspricht die Frühholzzone mit geringer Dichte

in der Regel weitleumigen, dünnwandigen Frühholzzellen mit geringem Zellwandanteil; die Spätholzzone entspricht englumigen dickwandigen Spätholzzellen mit hohem Zellwandanteil.

Diaz-Vaz et al. (1975) zeigen in einem Vergleich von mikroskopisch ermitteltem Jahrringaufbau mit Dichteprofilen, daß die Variationen der Zellwanddichte gering sind und das Dichteprofil nur unwesentlich beeinflussen. Dagegen ist der Verlauf des Dichteprofils mit dem Verlauf des Zellwandanteils weitgehend identisch.

Der Zellwandanteil ist abhängig von Zellwandstärke und Zelldurchmesser. Beide Merkmale variieren innerhalb des Jahrrings nach einem jährlich ähnlich wiederkehrenden Verlauf, sind jedoch physiologisch voneinander unabhängig zu sehen (Elliott, 1970).

Der Verlauf von Zellwandstärke und Zelldurchmesser innerhalb des Jahrrings wurde an der Kiefer von Wodzicki (1971) untersucht. Untersuchungsmaterial waren 260 Jahrringe von 60-jährigen polnischen Kiefern. Zellwandstärke und Zelldurchmesser variieren vom Beginn zum Ende des Jahrrings wie folgt:

- Der radiale Zell-Durchmesser beginnt mit ca. 40 Mikron, steigt zunächst in leichtem Umfang um 2-3 Mikron an und fällt anschließend ziemlich kontinuierlich bis auf ca. 10 Mikron am Jahrringende ab.
- Die tangentielle einfache Zellwandstärke beginnt mit ca. 3 Mikron, steigt zunächst flach, später steil bis zu einem Maximum von ca. 10 Mikron an und fällt danach deutlich auf ca. 5 Mikron zurück.

Auf Grund dieser Ergebnisse wird das Dichteprofil der Kiefer anatomisch interpretiert:

- Der Abfall von der Anfangsdichte zur Minimaldichte ist vorwiegend mit einer leichten Zunahme des Zelldurchmessers bei weitgehend konstanter Zellwandstärke zu erklären.
- Der Anstieg von der Minimaldichte zur Maximaldichte ist

durch abnehmenden Zelldurchmesser und gleichzeitig zunehmende Zellwandstärke verursacht.

- Der Abfall von der Maximaldichte zur Schlußdichte ist durch eine starke Abnahme der Zellwandstärke am Schluß des Jahrrings bedingt; dabei wird der Dichterückgang durch eine weitere Abnahme des Zelldurchmessers gemindert.

#### 4.2.3 Mittel- und langfristige Merkmalsvariationen

Die einzelnen Merkmalsreihen zeigen häufig deutliche mittel- und langfristige Variationen, nicht nur bei den radialen Werten, deren alters- und behandlungsbedingte Schwankungen allgemein bekannt sind, sondern auch bei den Dichtewerten der Profilpunkte, die meist eine mit dem Alter deutlich fallende Tendenz aufweisen.

Bazerque (1974) fand in ihrer Untersuchung an den beiden ostfranzösischen Kieferbeständen ähnliche Abnahmen der Dichtewerte mit dem Alter, berichtet in einem Fall allerdings auch von einer Zunahme der Minimaldichte mit steigendem Alter.

Nach einer Arbeit von Polge (1977) ist bei Kiefern eines Versailler Bestands ebenfalls eine deutliche Abnahme der Maximaldichte, jedoch eine leichte Zunahme der Minimaldichte festzustellen.

Die Anatomie, die diesen Tendenzen zugrunde liegt, sowie ihre endogenen und exogenen Ursachen sind unbekannt.

#### 4.2.4 Merkmalsunterschiede zwischen den Gruppen

Die Merkmalsmittelwerte, zusammengestellt in Anlage 1, variieren zwischen den Gruppen erheblich, doch sind die Unterschiede statistisch nicht abgesichert.

Dennoch lassen die unterschiedlichen dendroklimatologischen Ergebnisse dieser Arbeit bei den drei Untersuchungsgruppen

zum Teil Merkmalsunterschiede erwarten, die den normalen Streu-  
rahmen überschreiten dürften. So steht die Sommertemperatur  
zur Maximaldichte in der Gruppe Lienzingen in negativer Be-  
ziehung, in der Gruppe Gaildorf in positiver Beziehung. Dies  
kann einen Teil des Unterschieds zwischen den Durchschnitts-  
werten der Maximaldichte beider Gruppen erklären.

#### 4.2.5 Versuch einer pflanzensystematischen Interpretation des Dichteprofiles der Kiefer

Das Dichteprofil eines Jahrrings ist teils endogen, teils  
exogen bedingt. Das Ausmaß der genetisch möglichen Differen-  
zierung ist noch wenig untersucht, doch deuten einige Ergeb-  
nisse auf gattungs- und artspezifische Unterschiede hin. Als  
Ordnungsmerkmale sind die Größe der einzelnen Profilvermerkmale  
sowie die Kurvenform der Dichteprofile denkbar.

##### Differenzierung nach der Größe der Profilvermerkmale

Polge (1966) berichtet über genetisch zu interpretierende Un-  
terschiede der Maximaldichte zwischen Douglasien verschiede-  
ner Provenienz. Auch in zahlreichen anderen Untersuchungen  
wurden genetisch bedingte Dichteunterschiede festgestellt  
(Elliott, 1970). Doch überlappen sich die genetischen Varianten  
der Individuen einer Art oder Gattung vermutlich so stark, daß die  
Größe der Dichtemerkmale als pflanzensystematisches Ordnungs-  
merkmal nicht geeignet ist.

##### Differenzierung nach der Kurvenform des Dichteprofiles

In seiner Untersuchung der Härteprofile, die mit den Dichte-  
profilen vergleichbar sind, kommt bereits Mayer-Wegelin (1950)  
zu einer Differenzierung der Profilformen verschiedener Nadel-  
baumarten; die Härtediagramme sind in Abbildung 5 dargestellt.  
Die Abbildung zeigt die Einstichtiefe in den Jahrringen der  
Baumarten.

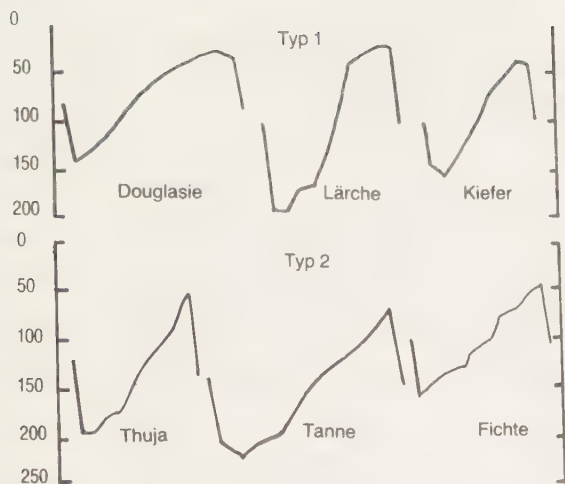


Abb. 5:  
Gemittelte Härtediagramme von Nadelhölzern  
(aus Mayer-Wegelin, 1950)

Mayer-Wegelin unterscheidet nach der Form der Härteprofile zwei Grundtypen:

Typ 1: Kiefer, Lärche und Douglasie besitzen einen vom Frühholz deutlich abgesetzten Spätholzbereich, innerhalb des Spätholzes ist das Profil abgeflacht und am Ende des Jahrrings z.T. wieder abfallend.

Typ 2: Fichte, Tanne und Thuja besitzen keine deutliche Grenze zwischen Früh- und Spätholz, vielmehr steigt die Härte vom Beginn des Jahrrings bis zum Ende kontinuierlich an. Das Dichtemaximum befindet sich deutlich am Ende des Jahrrings.

Aus den röntgendensitometrischen Veröffentlichungen läßt sich diese Typeneinteilung bestätigen, so für Typ 1 bei Kiefer und Douglasie, für Typ 2 bei Fichte und Tanne. Doch sind einzelne Jahresprofile auch dem jeweiligen Alternativtyp zuzuordnen.

Die Dichteprofile der Kiefer in der vorliegenden Arbeit sind vorwiegend wie bei Mayer-Wegelin dem Typ 1 zuzuordnen, doch bestehen - vermutlich unter dem Einfluß der Witterung - auch einige Profile von Typ 2 sowie Übergangsformen zwischen beiden Typen (vgl. Tab. 1, S. 28).

#### 4.3 Diskussion der Beziehungen zwischen den Profilmerkmalen innerhalb der Untersuchungsgruppen

Die verschiedenen Merkmale des Dichteprofiles stehen in einem zum Teil engen Beziehungsgefüge zueinander, das durch zahlreiche signifikante Bezugswerte zum Ausdruck kommt. Nach der Art des Zusammenhangs lassen sich diese wie folgt erklären:

- Kein kausaler Zusammenhang, aber doch eine enge Korrelation kann zwischen zwei Merkmalen gegeben sein, wenn beide Merkmale teilweise zur selben Zeit und daher unter ähnlichen Witterungseinflüssen gebildet werden. Zusammenhänge dieser Art sind anzunehmen zwischen

- = Anfangs- und Minimaldichte (Bestimmtheit 0.3 - 0.7)

- = Maximal- und Schlußdichte (Bestimmtheit 0.4 - 0.8)

- = Breite zwischen Anfangs- und Minimaldichte sowie Abfall zwischen beiden Punkten (Bestimmtheit 0.05 - 0.5)

- = Breite zwischen Maximal- und Schlußdichte sowie Abfall zwischen beiden Punkten (Bestimmtheit 0.1 - 0.25)

Bei sehr straffen Zusammenhängen ist zu überlegen, ob eine Differenzierung zwischen den verglichenen Merkmalen überhaupt sinnvoll ist. Doch werden die aufgeführten Bestimmtheiten als Hinweis dafür gewertet, daß die verglichenen Merkmale sich im Verlauf zum Teil zwar ähneln, jedoch keinesfalls identisch sind.

- Funktional bedingte Zusammenhänge sind gegeben,
  - = wenn ein Merkmal durch ein anderes quantitativ begrenzt wird (Dichtepunkte als Grenzpunkte von Dichtedifferenzen und radialen Abschnitten)
  - = wenn ein Merkmal Teil eines anderen Merkmals ist (radiale Einzelmerkmale als Teile der radialen Summenwerte, z.B. Breite zwischen Anfangs- und Minimaldichte als Teil der Frühholzbreite).

Zusammenhänge dieser Art sind ebenfalls als Hinweis auf die Zweckmäßigkeit der Differenzierung zwischen zwei Merkmalen zu werten. Darüberhinaus sind sie ein Weiser für das Gewicht

des begrenzenden Merkmals oder des Teilmerkmals auf die Schwankungen des beeinflussten Merkmals. Ein Beispiel hierzu sind die Beziehungen zwischen den radialen Einzelmerkmalen und der Gesamtbreite, dargestellt in Tabelle 2 S. 36. Nach Knigge u. Schulz (1966) wird in Nadelhölzern mit steigender Ringbreite vor allem die Frühholzbreite vergrößert, während die Spätholzbreite nur gering zunimmt. Diese Aussage trifft in der vorliegenden Arbeit für die Gruppen Gaildorf und Ulefoss zu; in beiden Gruppen werden die Schwankungen der Gesamtbreite stärker von der Frühholzbreite als von der Spätholzbreite bestimmt. Dagegen ist in der Gruppe Lienzingen der rechnerische Einfluß der Spätholzbreite auf die Gesamtbreite größer als der Einfluß der Frühholzbreite.

- Physiologische Zusammenhänge sind zu vermuten, wenn das "beeinflussende" Merkmal Ausdruck für eine Disposition des Baumes ist, die sich auf das später gebildete "abhängige" Merkmal auswirkt. Bekannt ist dieser "memory-effect" in der Dendroklimatologie als Autokorrelation der Jahrringbreite mit der Breite des Vorjahres. Sie ist an Kiefer festgestellt durch Bazerque (1974) in Ostfrankreich und durch Brandt (1975) in Westnorwegen. Dispositionsmerkmale sind wohl alle Vorjahresmerkmale die eine Beziehung zu einem Merkmal des laufenden Jahres zeigen. Sie sind in Abb. 4 in mehrfacher Form zusammengestellt. Besonders deutlich sind die Beziehungen der Gesamtbreite und Spätholzbreite des Vorjahres zur Frühholzbreite des laufenden Jahres; dagegen zeigen die Vorjahresmerkmale zur Spätholzbreite keine signifikanten Beziehungen. Daher ist anzunehmen, daß die im Vorjahr begründete Disposition eines Baumes vorwiegend die Phase der Frühholzbildung des laufenden Jahres beeinflusst.

Außer den Vorjahresmerkmalen sind ferner verschiedene Merkmale des laufenden Jahres als Dispositionsmerkmale anzusehen.

Hierzu zählen

- = die Frühholzbreite, die in den Gruppen Lienzingen und Ulefoss mit der Spätholzbreite signifikant korreliert,
- = einige radiale Einzelmerkmale, die mit später gebildeten radialen Merkmalen signifikant korrelieren,
- = die Minimaldichte, die in der Gruppe Gaildorf zur Maximaldichte positive Beziehung zeigt.

Vergleichbare physiologisch zu begründende Beziehungen innerhalb des Jahrrings sind in anderen Untersuchungen bisher nicht festgestellt.

#### 4.4 Diskussion der dendroklimatologischen Beziehungen

##### 4.4.1 Vorbemerkung zu bisherigen Untersuchungen über Einflüsse der Witterung auf die Jahrringbildung

Die Jahrringbildung kann in vielfältiger Form von der Witterung beeinflusst werden. Zu denken ist dabei an

- Witterungsfaktoren, die direkt in die physiologischen Abläufe der Zelldifferenzierung eingreifen,
- Witterungsfaktoren, welche die Produktion der Stoffe beeinflussen, die für die Jahrringbildung erforderlich sind,
- Witterungsfaktoren, welche die Verfügbarkeit dieser Stoffe beeinflussen.

Direkte Einflüsse von Witterungsfaktoren auf die Physiologie der Zelldifferenzierung sind an einigen krautigen Pflanzen festgestellt (Roberts, 1976), jedoch bestehen, abgesehen von begrenzenden Maximal- und Minimaltemperaturen keine Vorstellungen über die Einflußform der Witterung auf die Jahrringbildung.

Umfangreiche Ergebnisse liegen dagegen vor über Einflüsse von Witterungsfaktoren auf Produktion und Verfügbarkeit von Stoffen, die für die Jahrringbildung erforderlich sind. Dabei ist grob zu unterscheiden zwischen den Baustoffen für die Jahrringbildung, insbesondere Kohlehydraten und Stoffen, welche die physiologischen Abläufe steuern, insbesondere Hormonen.

Die Menge organischer Baustoffe, die für die Jahrringbildung zur Verfügung steht, entspricht der Bilanz von Photosynthese und Atmung, abzüglich den Baustoffen, die in Pflanzenteile außerhalb des Holzes (Blätter, Rinde etc.) eingebaut sind. Einflüsse von Temperatur und Niederschlägen auf Photosynthese und Atmung der Kiefer sind nachgewiesen von Künstle und Mitscherlich (1975); über Kardinalpunkte der Temperatur auf die Photosynthese der Kiefer berichten Polster und Fuchs (1963) sowie Pisek, Larcher, Parker und Unterhölzer (1968): Die Mindesttemperatur für Photosynthese und Atmung liegt bei  $-6^{\circ}\text{C}$ , die Hitzeresistenz bei  $+ 47^{\circ}\text{C}$ . Eine positive Nettoassimilation findet zwischen  $+ 2$  und  $+ 37^{\circ}\text{C}$  statt. Die Optimaltemperatur der Nettoassimilation variiert je nach Licht- und Wasserversorgung zwischen

10 und 20° C.

Witterungseinflüsse auf die Verfügbarkeit der organischen Baustoffe sind bekannt, so z.B. als Temperatureinfluß auf die Mobilisierung der Stoffe bei allmählich steigender Transpiration zu Beginn der Vegetationsperiode (Braun, 1961).

Über Produktion und Verfügbarkeit von Wuchsstoffen, durch welche die Holzzellenbildung überhaupt und ihre Differenzierung im Jahrring gesteuert werden, liegen zur Kiefer nur wenige Ergebnisse vor. Eine besondere Bedeutung wird dem Wuchsstoff Auxin beigemessen, der eine Vergrößerung der Zellwände bewirke (Roberts, 1976). Seine Produktion wird möglicherweise durch die tägliche Dauer des Tageslichts positiv (Larson, 1964) oder durch ansteigendes Wasserdefizit negativ beeinflusst (Kramer, 1964). Abnehmende Tageslichtlänge oder steigendes Wasserdefizit werden somit als auslösende exogene Einflußfaktoren für den Wechsel vom Früh- zum Spätholz angesehen. Das steuernde Auxin ist bei der Kiefer in den Terminaltrieben und im Stamm zwar festgestellt, doch sind nach polnischen Untersuchungen die jahreszeitlichen Variationen des Auxingehalts im unteren Stammbereich älterer Kiefern so gering, daß die Zelldifferenzierung durch andere, bisher unbekannte Steuermechanismen erfolgen muß (Hejnowicz u. Tomaszewski, 1969, Wodzicki, 1971, Wodzicki u. Wodzicki, 1973, Zajackowski, 1973).

So lassen die Ergebnisse der physiologischen Grundlagenforschung zwar die sichere Aussage zu, daß die Witterung auf die Bildung und Differenzierung der Holzzellen einwirkt, doch sind die Einflußmechanismen bisher noch weitgehend unbekannt.

Methodisch einfacher ist es - ohne Wertung physiologischer Zusammenhänge -, das Maß des Witterungseinflusses durch Berechnung statistischer Beziehungen zu ermitteln. So ist zu denken an Beziehungen von Witterungsmerkmalen zu Geschwindigkeit und Zeitdauer des Wachstums der einzelnen Holzzelle und an Beziehungen von Witterungsmerkmalen zu ausgebildeten Jahrringmerkmalen.

Mit der Geschwindigkeit und Zeitdauer des Wachstums der einzelnen Holzzelle der Kiefer hat sich Wodzicki (1971) befaßt:

- Die Größe des Zelldurchmessers der Einzelzelle ist abhängig vom täglichen Ausmaß des radialen Zuwachses (Geschwindigkeit) und von der Dauer des radialen Wachstums von Beginn bis Abschluß der Bildung der einzelnen Holzzelle. Die Geschwindigkeit des radialen Zellwachstums schwankt zwischen 1 und 4 Mikron pro Tag und zeigt während der Vegetationsperiode eine leicht steigende Tendenz; Wodzicki vermutet hierbei einen Zusammenhang mit dem Verlauf der täglichen Durchschnittstemperatur.

Die Dauer des radialen Wachstums der einzelnen Holzzelle fällt während der Vegetationsperiode von ca. 25 Tagen auf 5 Tage; eine Beziehung zur Witterung ist nicht festgestellt.

- Die Zellwandstärke der Einzelzelle ist abhängig vom täglichen Ausmaß des Zellwandstärkenwachstums (Verholzung) und von seiner Dauer. Das Ausmaß des Wandwachstums beginnt mit ca. 0.1 Mikron pro Tag, steigt bis zum Ende des ersten Drittels der innerhalb des Jahrrings gebildeten Zellen auf 0.3 Mikron pro Tag an und fällt danach bis zum Ende der Vegetationsperiode auf 0.1 Mikron pro Tag zurück; Wodzicki vermutet auch hier eine positive Beziehung zur Tagestemperatur. Die Dauer des Zellwandwachstums beginnt mit ca. 20 Tagen pro Zelle, steigt bis zum Ende des zweiten Drittels der gebildeten Zellen auf ca. 50 Tage an und fällt anschließend auf ca. 30 Tage; eine Abhängigkeit von der Witterung war nicht feststellbar.

Insgesamt lassen die Ergebnisse Wodzickis noch keine Aussage über die Beziehungen zwischen Witterung und Holzaufbau zu.

Wesentlich häufiger erforscht und festgestellt sind die Beziehungen zwischen Witterungsmerkmalen und ausgebildeten makroskopisch oder densitometrisch meßbaren Jahrringmerkmalen. Diese Beziehungen bilden die Grundlage der Dendroklimatologie; sie liefern Hinweise zur Existenz und zum Einflußmaß von Witterungsfaktoren.

Bisher hat sich die Dendroklimatologie überwiegend mit den Einflüssen der Witterung auf die Jahrringbreite befaßt. Seit etwa 1950 werden daneben auch andere Jahrringmerkmale auf ihre Be-

ziehung zur Witterung untersucht, so durch Mammen (1952) an Härteprofilen die Frühholz- und Spätholzhärte sowie die Frühholz- und Spätholzbreite und durch Polge (1966) an Dichteprofilen die Minimal- und Maximaldichte.

In der vorliegenden Arbeit wurden die ausgewiesenen 14 Profilmerkmale auf Beziehungen zur Witterung geprüft: Alle Profilmerkmale zeigen signifikante Beziehungen zu Witterungsmerkmalen; sie sind somit dendroklimatologisch weiter auswertbar.

#### 4.4.2 Streufaktoren

Die festgestellten Beziehungen sind in der Regel locker und haben Bestimmtheitsmaße von 0.05 bis 0.25, d.h. im Einzelfall lassen sich 5 bis 25 % der Streuung eines Profilmerkmals aus der Streuung eines Witterungsmerkmals ableiten. Als Beispiel für die geringe Straffheit der Beziehungen sind in Abb. 6 und 7 zwei Streubänder unterschiedlicher Richtung dargestellt; sie zeigen die Beziehungen der Maximaldichte zu den Niederschlägen von Sommermonaten bei den Untersuchungsgruppen Lienzingen und Gaildorf.

Die geringe Straffheit der Beziehungen ist durch verschiedene Streufaktoren verursacht, die gegliedert werden in

- Streufaktoren, die durch das Vergleichsmerkmal selbst bedingt sind,
- Streufaktoren, die von den Individuen der Untersuchungsgruppen abhängen,
- Streufaktoren, die den Einfluß eines Witterungsmerkmals von Jahr zu Jahr variieren.

#### Merkmalsbedingte Streufaktoren

Die verglichenen Witterungs- und Profilmerkmale sind Mittelwerte, Summen oder Quotienten, die bei gleichem Wert aus verschiedenen Einzelgliedern ableitbar sind.

Abb. 6: Streuband der Beziehungen zwischen der  
Maximaldichte Lienzungen  
und den Juliniederschlägen

$r = +0,42$

$B = 0,18$

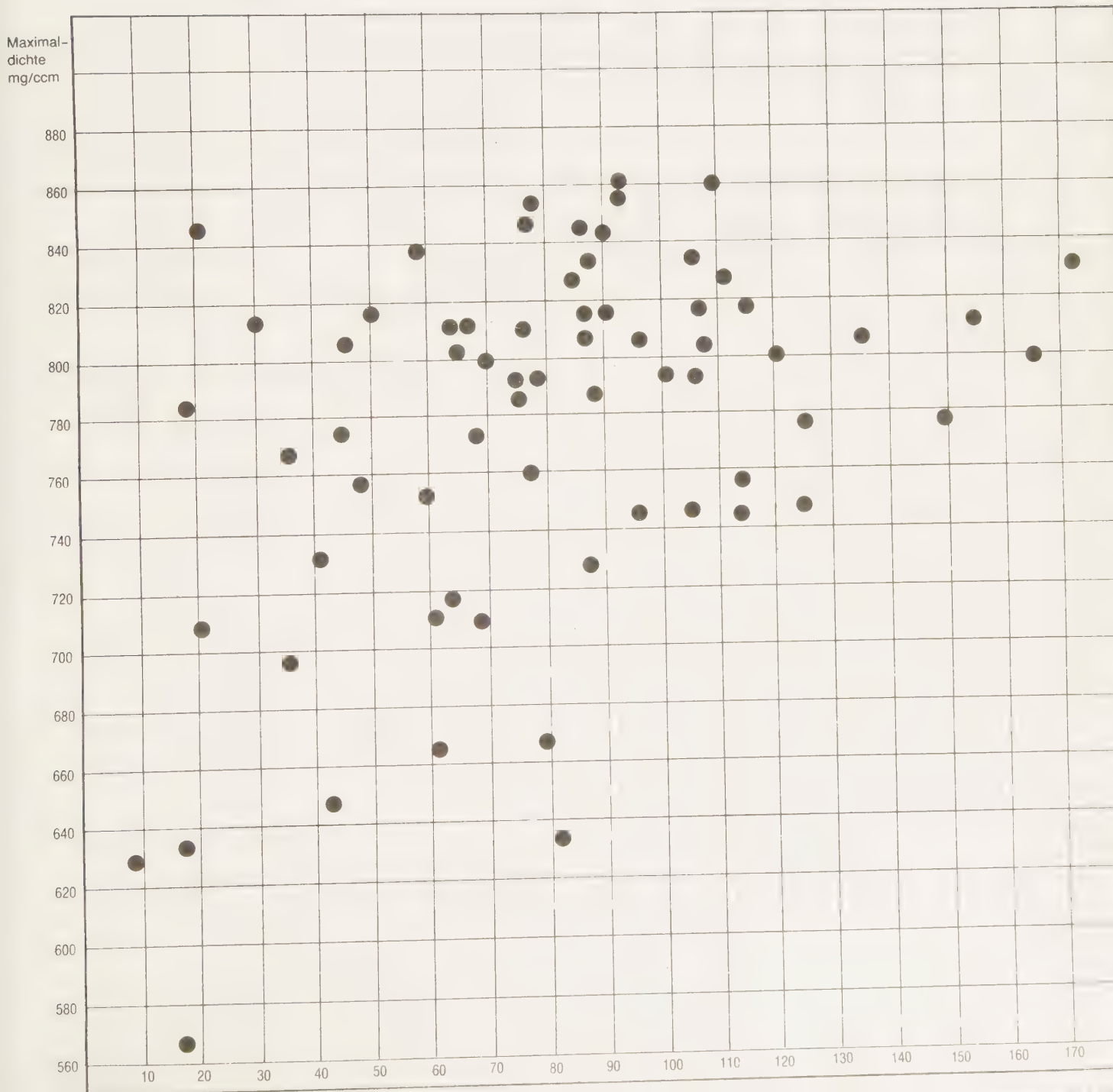
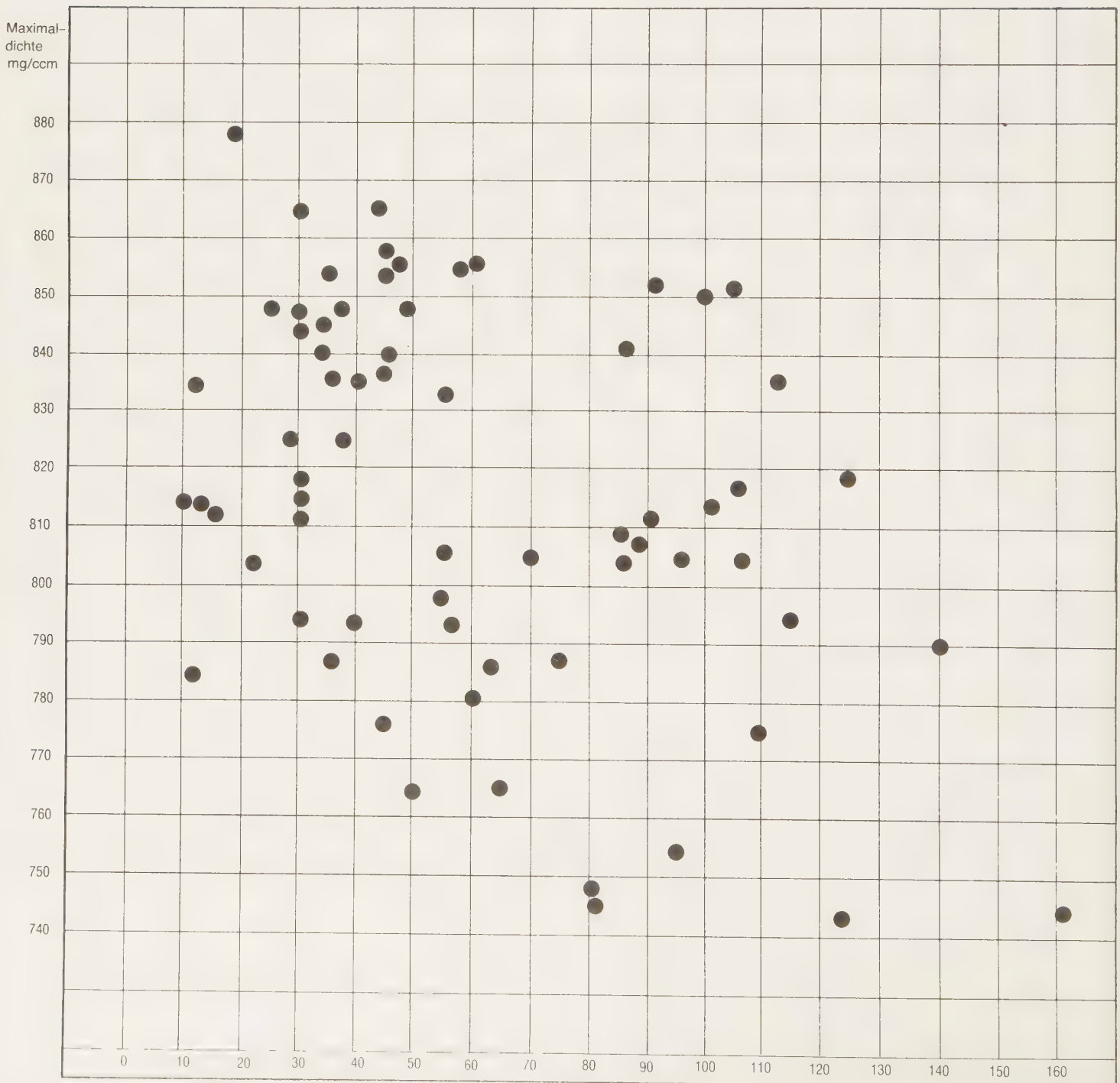


Abb. 7: Streuband der Beziehungen zwischen der  
Maximaldichte Gaildorf  
und den Septemberniederschlägen

$r = -0,35$

$B = 0,12$



Je nach ihrer Zusammensetzung können die Witterungsmerkmale Ausdruck für verschiedenartige Einflüsse sein, die sich unterschiedlich auf die Holzbildung auswirken: So ist die monatliche Durchschnittstemperatur ein Mittelwert, der keine Aussage über den tatsächlichen Temperaturverlauf während des Beobachtungsmonats zuläßt. Das Gleiche gilt für die monatlichen Niederschläge, deren Verteilung trotz gleicher Summe erheblich schwanken kann.

Die Profilmerkmale können trotz gleichen Werts verschiedenartig zusammengesetzt oder ausgebildet sein und somit Ausdruck für unterschiedliche Wuchsbedingungen sein: Die radialen Profilmerkmale (Abschnitte der Breite) sind stets aus mehreren Holzzellen zusammengesetzt, deren Struktur bei gleicher Breite variieren kann. Die Dichtepunkte sind ein Ausdruck des Zellwandanteils; der trotz desselben Werts aus Zellen verschiedener Ausformung ableitbar ist, z.B. aus dickwandigen und weitleumigen oder dünnwandigen und englumigen Zellen.

#### Individuenbedingte Streufaktoren

Innerhalb einer Untersuchungsgruppe werden die einzelnen Witterungsfaktoren unterschiedlich wirksam, bedingt durch Variationen bei den Einzelbäumen, z.B. Variationen des Standorts, des Baumalters, der sozialen Stellung und des Erbguts.

Standörtliche Einflüsse auf die Holzstruktur sind seit langem bekannt, z.B. bei der Eiche; sie sind bei der Douglasie auch densitometrisch festgestellt (Polge, 1966). Variationen des Standorts sind daher Ursache für eine unterschiedliche Ausbildung der Profilmerkmale bei den Einzelbäumen.

Baumalter und soziale Stellung beeinflussen Beginn und Ende des Dickenwachstums. Bei herrschenden sowie bei jungen Bäumen beginnt das Dickenwachstum früher und endet später als bei beherrschten und älteren Bäumen (Büsgen, 1917, Harris, 1955, Mitscherlich, 1970). Entsprechend variieren Beginn und Ende des Witterungseinflusses auf die Jahrringbildung.

Genetisch bedingte Variationen der Wirksamkeit eines Witterungsfaktors auf die Jahrringbildung des Einzelbaums sind bisher nicht untersucht, doch sind sie zu vermuten.

#### Jahresbedingte Streufaktoren

Jahresbedingte Streufaktoren sind andere Einflußmerkmale, die neben dem untersuchten Einflußmerkmal die Größe des Profilmerkmals in jährlich unterschiedlichem Maß variieren können. Dies sind neben der Witterung die übrigen, jährlich wechselnden Einflüsse, so das Blühen und Fruchten der Bäume, Immissionen, Insektenfraß und sonstige Schäden (Liese, Schneider u. Eckstein, 1974, Glerum, 1975, Röthlisberger, 1976).

Eine Berücksichtigung der jahresbedingten Streufaktoren der Witterung ist möglich durch Berechnung des mehrfachen Bestimmtheitsmaßes oder von "response functions". Dies wurde in der vorliegenden Arbeit versuchsweise bei der Beziehung von verschiedenen Witterungsmerkmalen zur Maximaldichte der Gruppe Gaildorf durchgeführt; während die Einzelkorrelationen jeweils nur ca. 10 % der Streuungen der Maximaldichte erklären, sind aus dem mehrfachen Bestimmtheitsmaß ca. 50 % der Streuung ableitbar. Nach Fritts (1976) lassen sich bei den von ihm berechneten "response functions" im Durchschnitt 60 % der Streuungen der Jahrringbreite als witterungsbedingt erklären.

#### 4.4.3 Beziehungen der Witterungsmerkmale des Vorjahres zu den Profilvermerkmalen

Beziehungen zwischen Witterungsmerkmalen des Vorjahres und der Jahrringbreite sowie der Maximaldichte sind bei verschiedenen Baumarten in "response functions" nachgewiesen (Eckstein u. Schmidt, 1974, Fritts, 1976, Schweingruber et al., 1977).

Vergleichbar abgesicherte Ergebnisse sind in der vorliegenden Arbeit nicht gegeben, doch besteht eine starke, nicht

mehr als rein zufällig zu erklärende Häufung signifikanter Gleichläufigkeitsprozente von Profilvermerkmale des Früh- und Spätholzbereichs mit Witterungsvermerkmale des Vorjahres. Dabei fällt auf, daß diese Werte oft die entgegengesetzte Tendenz zu den Gleichläufigkeitsprozenten desselben Monats im laufenden Jahr zeigen; d.h. bei Gegensinnigkeit zum Vorjahres-Witterungsvermerkmal besteht Gleichsinnigkeit zum Witterungsvermerkmal desselben Monats im laufenden Jahr oder umgekehrt.

Eine Ursache für derartige entgegengesetzte Tendenzen ist möglicherweise die überwiegend signifikante Gegensinnigkeit der Witterungsvermerkmale des laufenden Jahres zu denselben Witterungsvermerkmale des Vorjahres. Diese Bezugswerte sind in Anlage 6 aufgeführt.

Der Phi-Koeffizient nach Formel (9) bildet eine Möglichkeit zu prüfen, ob die entgegengesetzte Tendenz der Gleichläufigkeitsprozente eines Profilvermerkmals zu Witterungsvermerkmale des laufenden Jahres und des Vorjahres durch die Gegensinnigkeit zwischen beiden Witterungsvermerkmale bedingt ist.

Beispiel:

In der Gruppe Gaildorf besteht zwischen der Schlußdicke und der Septembertemperatur des laufenden Jahres Gleichsinnigkeit ( $GL = 66$ ), zwischen der Schlußdicke und der September-Temperatur des Vorjahres Gegensinnigkeit ( $GL = 31$ ). Die September-Temperatur des laufenden Jahres verläuft zur September-Temperatur des Vorjahres stark gegensinnig ( $GL = 21$ ).

Der Phi-Koeffizient beträgt für die Beziehung der Schlußdicke zu den beiden Witterungsvermerkmale - 0.36. Er zeigt mit 1 % Zufallswahrscheinlichkeit an, daß die entgegengesetzte Tendenz der Beziehungen der Schlußdicke zu den beiden Witterungsvermerkmale durch die Gegensinnigkeit zwischen beiden Witterungsvermerkmale bedingt ist.

Es ist daher anzunehmen, daß die signifikanten Bezugswerte der Profilvermerkmale zu Vorjahresmerkmale der Witterung zumindest teilweise durch die Beziehungen zwischen der Vorjahreswitterung

und der Witterung des laufenden Jahres zu erklären sind; ob daneben auch physiologisch zu begründende Beziehungen zwischen den Profilmerkmalen und der Vorjahreswitterung bestehen, bleibt offen. Ein Hinweis auf die Möglichkeit derartiger Beziehungen sind die physiologisch zu interpretierenden Beziehungen zwischen Profilmerkmalen des Vorjahres und Profilmerkmalen des laufenden Jahres.

#### 4.4.4 Beginn und Ende der Witterungsbeziehungen zum Frühholz- und Spätholzbereich des Jahrrings

Über Beginn und Ende der Witterungsbeziehungen zu bestimmten Abschnitten des Jahrrings liefert die Häufigkeitsverteilung der signifikanten Bezugswerte in Tabelle 3, S. 38 einige Hinweise.

Zu den Merkmalen des Frühholzbereichs bestehen von Dezember des Vorjahres bis Juni des laufenden Jahres zahlreiche, nicht nur zufällig begründbare signifikante Bezugswerte. Vor und nach diesem Zeitraum ist die Zahl der signifikanten Bezugswerte so gering, daß mit ihrer zufälligen Bedingtheit zu rechnen ist. Die Zeit vor Dezember und nach Juni kann somit als Zeit der "statistischen Ruhe" der Witterung gegenüber dem Frühholzbereich angesehen werden. Der Witterungseinfluß auf die Merkmale des Frühholzbereichs beginnt somit im Dezember des Vorjahres und endet im Juni.

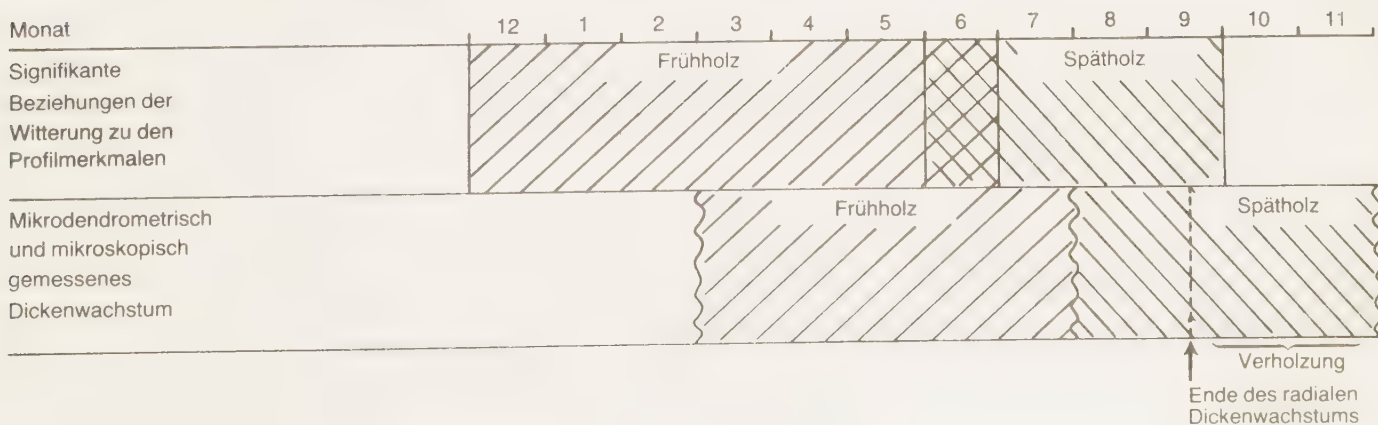
Zum Spätholzbereich häufen sich die Witterungsbeziehungen von Juni bis September. Die Monate vor und nach diesem Zeitraum werden daher wie beim Frühholz als Zeit statistischer Ruhe interpretiert. Der Witterungseinfluß auf die Spätholzmerkmale beginnt im Juni und endet im September.

Die vorliegenden Ergebnisse lassen keine Differenzierung zwischen den drei Untersuchungsgruppen zu.

Die dargestellten Ergebnisse werden als Hinweis auf die normalen Zeiten der Beeinflußbarkeit des Baumes durch die Witterung angesehen. Sie stimmen jedoch nicht mit dem tatsächlichen Beginn und Ende des Dickenwachstums, der Verholzung und der Frühholz-Spätholzbildung überein.

Nach mikrodendrometrischen und mikroskopischen Untersuchungen beginnt das Dickenwachstum der Kiefer in Mitteleuropa im März bis April (Henhappl, 1965, Schober, 1950, Fiedler u. Wenk, 1973, Wodzicki, 1971). Der Wechsel von der Frühholz- zur Spätholzbildung findet nach Untersuchungen von Schober bei der Kiefer im Harz im Juli bis August statt; ähnliche Hinweise liefern die Ergebnisse von Polge und Keller (1968) an Kiefer in Ostfrankreich und von Wodzicki (1971) in Polen. Das mikrodendrometrisch meßbare Dickenwachstum der Kiefer endet in Mitteleuropa im August bis September (Schober, 1950, Henhappl, 1965, Wodzicki, 1971, Fiedler et al., 1973). Doch ist die Verholzung der Spätholzzellen zum Teil erst im November abgeschlossen (Wodzicki, 1971).

Abb. 8: Zeitabschnitte der Witterungsbeziehungen zur Holzbildung und zeitlicher Verlauf der Holzbildung



Ein graphischer Vergleich der signifikanten Beziehungen der Witterung zu den Frühholz-/Spätholzmerkmalen mit dem mikrodendrometrisch und mikroskopisch gemessenen Verlauf der Frühholz- und Spätholzbildung in Abb. 8 zeigt, daß die Einflüsse der Witterung auf die Jahrringbildung dem Wachstum und der Differenzierung der einzelnen Holzzelle um einen bis mehrere Monate vorausgehen.

#### 4.4.5 Die Beziehungen der Witterung zur Jahrringbreite und ihren Abschnitten

Witterungsbedingte Schwankungen der Jahrringbreite sind seit langem bekannt. Sie werden seit Ende des letzten Jahrhunderts dendroklimatologisch geprüft (Glock, 1955).

Bei der Kiefer ist auf unterfränkischen und alpinen Trockenstandorten sowie im Elsaß und in den Niederen Vogesen der positive Einfluß des Niederschlags nachgewiesen (von Jazewitsch, 1961, Bazerque, 1974). In kühleren Regionen Skandinaviens zeigt die Kiefer dagegen häufig eine negative Korrelation zwischen Jahrringbreite und Sommertemperatur (Ording, 1940).

In den aufgeführten Beispielen ist nur ein Witterungsfaktor - Temperatur oder Niederschläge - als gleichsinnig dominierend der Einfluß nachgewiesen. In gemäßigten Regionen können jedoch im Verlauf einer Vegetationsperiode Art und Wirkungsweise der dominierenden Witterungsfaktoren wechseln: So berichtet Jonsson, zitiert nach Eckstein, 1972, daß in einem schwedischen Kiefernbestand hohe Temperaturen während der Frühjahrsmonate März und April das Breitenwachstum fördern, während im Sommer die Niederschläge das Wachstum bis zu einer bestimmten Höhe positiv, bei Überschreitung dieser Höhe negativ beeinflussen. Mikrodendrometrische Untersuchungen von Fiedler et al. (1974) an sächsischen Kiefern ergaben ebenfalls positive Temperatureinflüsse auf das Dickenwachstum

im Frühjahr und positive Niederschlagseinflüsse im Sommer. Einen ähnlichen Wechsel der Beziehungen der Witterung zur Jahrringbreite und ihren Abschnitten zeigen die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit: sie lassen vermuten, daß in den drei Untersuchungsgruppen die Temperatur bis April, die Niederschläge ab Mai den begrenzenden Faktor des radialen Wachstums bilden.

#### 4.4.6 Die Beziehungen der Witterung zum Dichteverlauf

##### - Anfangs- und Minimaldichte

Über positive Beziehungen zwischen Frühsommertemperatur und Frühholzhärte bei *Pinus nigra* berichtet Mammen (1952). Bazerque (1974) fand dagegen bei *Pinus silvestris* negative Beziehungen zwischen Frühwintertemperatur (Fessenheim) und Frühsommertemperatur (Charmes) zur Minimaldichte. Nach den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit sind die signifikanten Beziehungen zwischen der Temperatur der Monate Januar bis Mai und Anfangs- und Minimaldichte in den drei Gruppen ausschließlich positiv. Nur bei der Gruppe Lienzingen sind vor und nach diesem Zeitraum auch negative Beziehungen angedeutet.

Zwischen den Niederschlägen und der Frühholzhärte bzw. der Minimaldichte sind bisher bei Kiefer und anderen Nadelbäumen ausschließlich negative Beziehungen festgestellt (Mammen, 1952, Polge, 1966, Bazerque, 1974); diese Beziehung zeigen auch die vorliegenden Ergebnisse.

Die Witterungsbeziehungen zum Merkmal "Abfall von Anfangs- zu Minimaldichte" sind Ausdruck für Witterungsbeziehungen zu den zwei Dichtepunkten Anfangsdichte und Minimaldichte. Positive Beziehungen der Temperatur von Januar bis April zu Dichtedifferenz werden in allen drei Gruppen als positive Beziehungen der Temperatur zur Anfangsdichte interpretiert. Die stark negative Beziehung der Mai-Temperatur zu diesem Merkmal bei der Gruppe Ulefoss wird als Ausdruck für die

positiven Beziehungen der Mai-Temperatur zur Minimaldichte gewertet. Die negativen Beziehungen der April-Niederschläge zum Merkmal in allen drei Gruppen sind ein Hinweis auf die negative Beziehung der April-Niederschläge zur Anfangsdichte.

#### - Maximal- und Schlußdichte

Nach den bisherigen Untersuchungen bestehen zur Dichte im Spätholzbereich der Nadelbäume überwiegend positive Beziehungen der Sommer-Temperaturen und negative Beziehungen der Sommerniederschläge (Mammen, 1952, Polge, 1965, Parker et al., 1971, Heger, et al., 1974, Schweingruber et al., 1977). Diese Beziehungsvorzeichen stimmen mit den Ergebnissen der Beziehungen der Witterung mit der Maximaldichte und Schlußdichte bei den Gruppen Gaildorf und Ulefoss überein.

In der über die Kiefer bisher ersten veröffentlichten Untersuchung zu dieser Frage fand Bazerque (1974) dagegen negative Beziehungen der Sommer-Temperatur und positive Beziehungen der Sommer-Niederschläge. Nach einer persönlichen Mitteilung von Schweingruber (1977) sind derartige Beziehungen auch bei den Kiefern des xerothermen Standorts Krauchthal in der Schweiz festzustellen. Die Ergebnisse der Gruppe Lienzingen entsprechen den Beziehungen dieser Art.

Polge (1977) vermutet bei der Interpretation der Ergebnisse von Bazerque, daß die Maximaldichte der Kiefer unterhalb einer Niederschlagsschwelle positiv auf Niederschläge reagiert, oberhalb der Schwelle dagegen negativ. Diese Vermutung wird durch die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit bestätigt. Daneben dürfte dem allgemeinen Wasserhaushalt des Standorts eine besondere Bedeutung zukommen.

Die Gegensinnigkeit der Beziehungen der Witterung zur Dichte im Spätholzbereich bei den Gruppen Lienzingen und Gaildorf wird am Beispiel von je einem Lienzinger und Gaildorfer Dichteprofil erklärt:

Die Abbildungen 9 und 10 zeigen zwei Dichteprofile der Gruppen Lienzingen und Gaildorf mit den Jahren 1949/50 und 1968/69.

Das Jahr 1949 war im Juni und Juli extrem trocken, das Jahr 1950 war im Juli und August sehr feucht.

In Lienzingen wurde das Dickenwachstum im Jahr 1949 vermutlich bereits vor Beginn der eigentlichen Spätholzbildung eingestellt; die Maximaldichte ist gering. 1950 fand in Lienzingen dagegen eine normale Spätholzbildung statt - die Maximaldichte des Jahres 1950 ist daher höher als im vorangegangenen Trockenjahr.

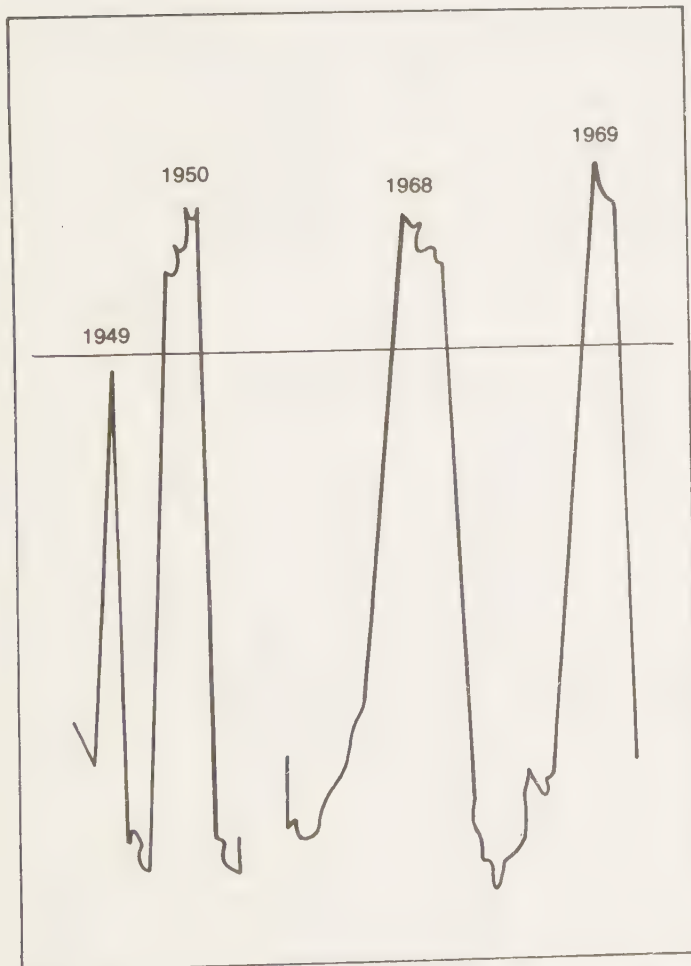


Abb. 9:  
Ausschnitt aus einem Lienzinger Kiefernprofil

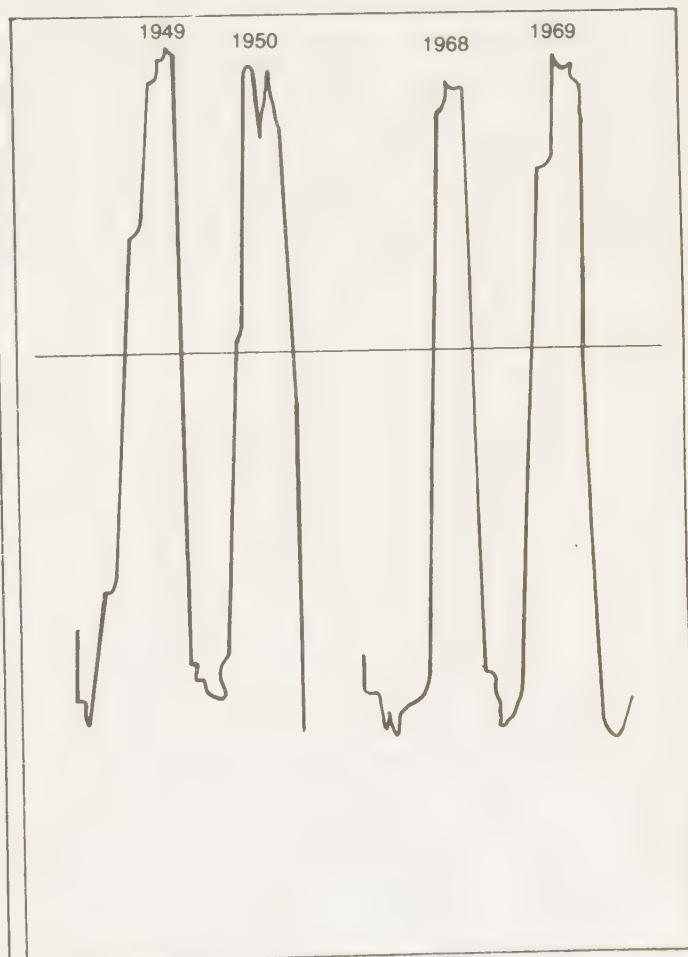


Abb. 10:  
Ausschnitt aus einem Gaildorfer Kiefernprofil

In Gaildorf führte die Trockenheit von 1949 dagegen vermutlich nicht zu einem frühzeitigen Abbruch des Dickenwachstums: Die Maximaldichte ist hier im Trockenjahr 1949 höher als im feuchteren Jahr 1950.

Die Jahre 1968 und 1969 waren von April bis Juli relativ feucht, doch war das Jahr 1969 insgesamt trockener als 1968. In der Gruppe Lienzingen fand in beiden Jahren eine volle Spätholzbildung statt: Die Maximaldichte war im feuchteren Jahr 1968 geringer als im trockeneren Jahr 1969. Das Gaildorfer Profil zeigt dieselbe Reaktion.

Aus dem aufgeführten Beispiel wird die Vermutung abgeleitet, daß die Beziehungen zwischen Witterungs- und Dichtemerkmalen des Spätholzes bei der Kiefer zwei gegensinnig wirksame Einflüsse zum Ausdruck bringen: Wassermangel oder hohe Temperaturen führen unter nicht extremen Witterungsbedingungen zu einem Anstieg der Holzdichte. Extremer Wassermangel hemmt jedoch das Dickenwachstum, sodaß eine normale Spätholzausbildung nicht mehr stattfindet (Schweingruber et al., 1977); die Spätholzdichte wird in diesem Fall durch hohe Temperaturen negativ "beeinflusst".

Zur statistischen Absicherung dieser Beobachtung wurde eine Aufteilung der Lienzinger Dichtereihe in Jahre mit überdurchschnittlicher und mit unterdurchschnittlicher Wasserversorgung während der Sommermonate versucht. Als brauchbares Merkmal zur Beschreibung der Wasserversorgung erwies sich dabei die "Breite zwischen Maximal- und Schlußdichte". Sofern Maximal- und Schlußdichte punktuell zusammenfallen oder nahe beieinander liegen, ist zu vermuten, daß das Dickenwachstum infolge Trockenheit vorzeitig abgebrochen wurde; denn zwischen diesem Merkmal und den Augustniederschlägen besteht bei der Gruppe Lienzingen eine sehr straffe positive Korrelation. Die Lienzinger Jahrringe, deren "Breite zwischen

Maximaldichte und Schlußdichte" den Mittelwert von 0.14 mm übersteigt, wurden daher besonders auf Korrelation zwischen Maximaldichte und Sommerwitterung getestet: Bei 27 Vergleichspaaren korreliert der August-Niederschlag signifikant negativ mit der Maximaldichte ( $r = - 0.39$ , Zufallswahrscheinlichkeit 5 %).

Es ist anzunehmen, daß in den unterschiedlichen Beziehungen der Witterung zur Maximaldichte die standörtlich unterschiedliche Wirksamkeit des Wassermangels zum Ausdruck kommt: Im Lienzinger Weinbauklima verursacht fast jede überdurchschnittliche Sommertrocknis extremen Wassermangel mit der Folge frühzeitigen Wachstumsstops und geringer Maximal- und Schlußdichte. Im pänemontanen Klima Gaildorfs führt überdurchschnittliche Sommertrocknis dagegen in der Regel zu erhöhter Maximal- und Schlußdichte; nur in den vier trockensten Jahren 1911, 1949, 1952 und 1964 scheint das Wachstum mit der Folge geringerer Maximal- und Schlußdichte behindert worden zu sein. Im kühleren südnorwegischen Klima von Ulefoss konnte kein Jahr festgestellt werden, dessen besondere Trockenheit die Maximal- und Schlußdichte negativ beeinflusste.

Die in den Dichteprofilen sichtbare Reaktion der Kiefer auf Trockenheit kann als artspezifische Empfindlichkeit dieser Baumart angesehen werden. So zeigen Künstle und Mitscherlich (1975) sowie Künstle und Ulrich (1976), daß die Kiefer (*Pinus silvestris*) im Vergleich zu *Pinus nigra*, Douglasie und Buche auf hohe Temperaturen und geringe Niederschläge mit einem besonders starken Rückgang der Nettoassimilation und Transpiration reagiert.

Der wohl standörtlich bedingte unterschiedliche Einfluß der Sommertrockenheit auf die Maximaldichte erklärt einen Teil des in Abschnitt 3.1 dargestellten erheblichen Unterschieds zwischen den Mittelwerten der Maximaldichte von Lienzingen

und Gaildorf; sie beträgt 138 mg/ccm. Die o.g. 27 Lienzinger Jahrringe mit einer mittleren "Breite zwischen Maximal- und Schlußdichte" von über 0.14 mm haben eine mittlere Maximaldichte von 810 mg/ccm; die in denselben Jahren gebildeten Gaildorfer Jahrringe haben eine mittlere Maximaldichte von 890 mg/ccm. Die Differenz zwischen beiden Gruppen beträgt 80 mg/ccm; sie ist um 40 % geringer als die Differenz der Gesamtmittel.

Die Witterungsbeziehungen zum Merkmal "Abfall von Maximal- zu Schlußdichte" sind als Witterungsbeziehungen zu den zwei Dichtepunkten Maximaldichte und Schlußdichte zu interpretieren. Sie zeigen nach den vorliegenden Ergebnissen in allen drei Gruppen jeweils gleiche Vorzeichen: Negativ sind die Beziehungen der Sommertemperatur zum Profilmerkmal; positiv sind die Beziehungen der Sommerniederschläge zum Profilmerkmal. Trotz der Gleichartigkeit des Vorzeichens kommen auch in diesen Beziehungen die unterschiedlichen Beziehungen der Witterung zur Maximal- und Schlußdichte zum Ausdruck:

- ✓ - Bei der Gruppe Lienzingen korreliert das Merkmal "Abfall von Maximal- zu Schlußdichte" stärker positiv mit der Maximaldichte als mit der Schlußdichte. Die negativen Beziehungen des Merkmals zur Temperatur sind daher als negative Beziehungen der Temperatur zur Maximaldichte anzusehen, die positiven Beziehungen des Merkmals zu den Niederschlägen als positive Beziehungen der Niederschläge zur Maximaldichte.
- Bei den Gruppen Gaildorf und Ulefoss korreliert das Merkmal dagegen mit der Maximaldichte überhaupt nicht signifikant, stattdessen stark negativ mit der Schlußdichte. Die negativen Beziehungen des Merkmals zur Temperatur sind daher als positive Beziehungen der Temperatur zur Schlußdichte anzusehen, die positiven Beziehungen des Merkmals zu den Niederschlägen als negative Beziehungen der Niederschläge zur Schlußdichte.

Maximaldichte und Schlußdichte" den Mittelwert von 0.14 mm übersteigt, wurden daher besonders auf Korrelation zwischen Maximaldichte und Sommerwitterung getestet: Bei 27 Vergleichspaaren korreliert der August-Niederschlag signifikant negativ mit der Maximaldichte ( $r = - 0.39$ , Zufallswahrscheinlichkeit 5 %).

Es ist anzunehmen, daß in den unterschiedlichen Beziehungen der Witterung zur Maximaldichte die standörtlich unterschiedliche Wirksamkeit des Wassermangels zum Ausdruck kommt: Im Lienzinger Weinbauklima verursacht fast jede überdurchschnittliche Sommertrocknis extremen Wassermangel mit der Folge frühzeitigen Wachstumsstops und geringer Maximal- und Schlußdichte. Im pänemontanen Klima Gaildorfs führt überdurchschnittliche Sommertrocknis dagegen in der Regel zu erhöhter Maximal- und Schlußdichte; nur in den vier trockensten Jahren 1911, 1949, 1952 und 1964 scheint das Wachstum mit der Folge geringerer Maximal- und Schlußdichte behindert worden zu sein. Im kühleren südnorwegischen Klima von Ulefoss konnte kein Jahr festgestellt werden, dessen besondere Trockenheit die Maximal- und Schlußdichte negativ beeinflusste.

Die in den Dichteprofilen sichtbare Reaktion der Kiefer auf Trockenheit kann als artspezifische Empfindlichkeit dieser Baumart angesehen werden. So zeigen Künstle und Mitscherlich (1975) sowie Künstle und Ulrich (1976), daß die Kiefer (*Pinus silvestris*) im Vergleich zu *Pinus nigra*, Douglasie und Buche auf hohe Temperaturen und geringe Niederschläge mit einem besonders starken Rückgang der Nettoassimilation und Transpiration reagiert.

Der wohl standörtlich bedingte unterschiedliche Einfluß der Sommertrockenheit auf die Maximaldichte erklärt einen Teil des in Abschnitt 3.1 dargestellten erheblichen Unterschieds zwischen den Mittelwerten der Maximaldichte von Lienzingen

und Gaildorf; sie beträgt 138 mg/ccm. Die o.g. 27 Lienzinger Jahrringe mit einer mittleren "Breite zwischen Maximal- und Schlußdichte" von über 0.14 mm haben eine mittlere Maximaldichte von 810 mg/ccm; die in denselben Jahren gebildeten Gaildorfer Jahrringe haben eine mittlere Maximaldichte von 890 mg/ccm. Die Differenz zwischen beiden Gruppen beträgt 80 mg/ccm; sie ist um 40 % geringer als die Differenz der Gesamtmittel.

Die Witterungsbeziehungen zum Merkmal "Abfall von Maximal- zu Schlußdichte" sind als Witterungsbeziehungen zu den zwei Dichtepunkten Maximaldichte und Schlußdichte zu interpretieren. Sie zeigen nach den vorliegenden Ergebnissen in allen drei Gruppen jeweils gleiche Vorzeichen: Negativ sind die Beziehungen der Sommertemperatur zum Profilvermerkmal; positiv sind die Beziehungen der Sommerniederschläge zum Profilvermerkmal. Trotz der Gleichartigkeit des Vorzeichens kommen auch in diesen Beziehungen die unterschiedlichen Beziehungen der Witterung zur Maximal- und Schlußdichte zum Ausdruck:

- ✓ - Bei der Gruppe Lienzingen korreliert das Merkmal "Abfall von Maximal- zu Schlußdichte" stärker positiv mit der Maximaldichte als mit der Schlußdichte. Die negativen Beziehungen des Merkmals zur Temperatur sind daher als negative Beziehungen der Temperatur zur Maximaldichte anzusehen, die positiven Beziehungen des Merkmals zu den Niederschlägen als positive Beziehungen der Niederschläge zur Maximaldichte.
- Bei den Gruppen Gaildorf und Ulefoss korreliert das Merkmal dagegen mit der Maximaldichte überhaupt nicht signifikant, stattdessen stark negativ mit der Schlußdichte. Die negativen Beziehungen des Merkmals zur Temperatur sind daher als positive Beziehungen der Temperatur zur Schlußdichte anzusehen, die positiven Beziehungen des Merkmals zu den Niederschlägen als negative Beziehungen der Niederschläge zur Schlußdichte.

## 4.5 Diskussion der dendrochronologischen Beziehungen

### 4.5.1 Dendrochronologische Wertung

In der Dendrochronologie wurde bisher fast ausschließlich die Jahrringbreite als Datierungsmerkmal verwendet. Doch sind auch Dichtemerkmale des Jahrrings als Datierungsmerkmale geeignet, wie erstmals Polge u. Keller (1969) an Fichte zeigten. Spätere Arbeiten bestätigten diesen Gedanken, so die Arbeiten von Parker et al. (1971) an *Picea engelmannii*, von Bazerque (1974) an der Kiefer, von Röthlisberger (1976) an der Lärche und von Schweingruber et al. (1977) an Fichte, Lärche und *Pinus cembra*.

Für die angewandte Dendrochronologie sind datierte Merkmalsmittelsreihen erforderlich, mit welchen undatierte Reihen verglichen werden können. Dabei muß bekannt sein, für welches Gebiet der Verlauf datierter Reihen repräsentativ ist. Bisher sind für die Kiefer ausschließlich Mittelsreihen der Jahrringbreite als datierte Reihen aufgestellt; sie sind jeweils repräsentativ für Belgien, Ostnorwegen, Mittelnorwegen, Nordnorwegen, Schweden, Finnland, Nordrußland, Westrußland und Ostrußland (Eckstein, 1972).

Die vorliegenden Ergebnisse zeigen bei zahlreichen Profilvermerkmalen einen ähnlichen Verlauf zwischen den Untersuchungsgruppen. In all diesen Fällen erscheint es möglich, gemeinsame Merkmalsmittelsreihen aufzustellen, die für die einbezogenen Untersuchungsgruppen repräsentativ sind.

Im mitteleuropäischen Bereich gilt dies sicher für die Merkmale Minimaldichte, "Anstieg von Minimal- zu Maximaldichte" und Gesamtbreite; der Verlauf dieser Merkmale ist zwischen allen mitteleuropäischen Gruppen ähnlich.

Für eine großräumig repräsentative Mittelsreihe erscheint das Merkmal "Anstieg von Minimal- zu Maximaldichte" von besonderem Interesse. Es zeigt nicht nur innerhalb der mitteleuropäischen Gruppen einen ähnlichen Verlauf, sondern auch zwischen den mitteleuropäischen Gruppen Charnes sowie Gaildorf und der norwegischen Gruppe Ulefoss.

Die dendrochronologische Brauchbarkeit des Merkmals Maximaldichte ist wegen seiner standörtlich unterschiedlichen Reaktion auf die Sommertrockenheit großräumig wohl eingeschränkt.

Eine Aussage zur dendrochronologischen Eignung der übrigen in dieser Arbeit ausgewiesenen Merkmale ist nicht möglich, da zu wenig Vergleichsgruppen vorliegen.

In der vorliegenden Arbeit wird erstmals versucht, mehrere dendrochronologisch brauchbare Merkmale gemeinsam dendrochronologisch zu verwenden. Hierzu dienen die Merkmale Minimaldichte, Maximaldichte und Gesamtbreite. Die Ergebnisse zeigen einen deutlichen Anstieg der Signifikanz der Ähnlichkeit zwischen den Gruppen.

Es erscheint daher interessant, für Datierungszwecke möglichst zahlreiche dendrochronologisch geeignete Merkmale zu verwenden.

#### 4.5.2 Standörtlich-geographische Wertung der dendrochronologischen Beziehungen

Signifikante dendrochronologische Beziehungsmaße sind Ausdruck für Ähnlichkeiten der jährlichen Variationen des Jahrringaufbaus zwischen Gruppen verschiedener geographischer Lage. Sie sind ein Hinweis dafür, daß die Witterung bei beiden Gruppen von Jahr zu Jahr ähnlich schwankt und daß sich die Schwankungen in beiden Gruppen ähnlich auf die Jahrringbildung auswirken.

Zwischen den mitteleuropäischen Gruppen besteht sicher eine ähnliche Variation der Witterung. Doch kommt eine z.T. standörtlich bedingte unterschiedliche Wirksamkeit der Witterung in den dendroklimatologischen Beziehungen zum Ausdruck, insbesondere bei den Beziehungen der Witterung zum Spätholzbereich. Besonders deutlich ist die unterschiedliche Wirksamkeit der Witterung zwischen den Gruppen Lienzingen und Gaildorf.

Nach den dendroklimatologischen Ergebnissen haben die Beziehungen der Witterung zur Maximaldichte in beiden Gruppen ein entgegengesetztes Vorzeichen. Trotz der geringen Entfernung zwischen beiden Gruppen zeigen die dendrochronologischen Beziehungsmaße bei der Maximaldichte keine Ähnlichkeit zwischen beiden Gruppen. Die fehlende dendrochronologische Beziehung kann daher als Bestätigung für die unterschiedliche dendroklimatologische Beziehung in den Gruppen Lienzingen und Gaildorf gewertet werden.

Ähnlichkeiten zwischen den Witterungsmerkmalen der mitteleuropäischen Untersuchungsgruppen und der norwegischen Gruppe Ulefoss sind aus den Witterungstabellen dieser Arbeit nicht ableitbar, sind aber zu vermuten infolge der europäischen Großwetterlagen. Die stärkere Häufung dendrochronologischer Beziehungen zwischen den Gruppen Ulefoss und Gaildorf deutet auf Ähnlichkeiten in Witterungsverlauf und Wirksamkeit der Witterung in beiden Gruppen hin.

## 5. AUSBLICK

Der Jahrringaufbau der Kiefer wird in der vorliegenden Arbeit mithilfe von Röntgen-Dichteprofilen dargestellt.

Die einzelnen Jahrringprofile haben einen typischen Grundverlauf bei jedoch starken individuellen Variationen, die zur Interpretation reizen.

Quantitativ werden die Dichteprofile der einzelnen Jahrringe durch die Position (radiale Lage und Dichte) von fünf Kardinalpunkten beschrieben, das sind 1. Anfangsdichte, 2. Minimaldichte, 3. Frühholz-Spätholzgrenze, 4. Maximaldichte, 5. Schlußdichte.

Die Profilverkmale sind - einzeln betrachtet - Teilmerkmale des Jahrrings. In ihrer Gesamtheit zeigen sie, anstelle einer mathematisch nicht exakt wiederzugebenden Funktion, den Verlauf des Jahrring-Dichteprofiles. Damit bietet sich die Möglichkeit, das Dichteprofil quantitativ zu beschreiben und mit anderen Dichteprofilen, z.B. anderer Baumarten vergleichbar zu machen.

Innerhalb des Dichteprofiles sind die Profilverkmale z.T. voneinander unabhängig, z.T. stehen sie in signifikanter Beziehung zueinander. So bilden die Holzzellen des Jahrrings ein lockeres bis enges Beziehungsgefüge, das in den Beziehungen zwischen den Profilverkmalen zum Ausdruck kommt.

Die Dendroklimatologie hat sich bisher überwiegend mit den Beziehungen zwischen Witterung und Gesamtbreite des Jahrrings befaßt. Erst mithilfe der Densitometrie wurde es möglich, auch andere exakt definierbare und meßbare Jahrringmerkmale dendroklimatologisch auszuwerten; die Beziehungen zwischen Witterung und Jahrring können seither differenziert erfaßt werden. In der vorliegenden Arbeit zeigen alle ausgewiesenen

14 Profilverkmale signifikante und plausible Beziehungen zu Witterungsmerkmalen. Die Ergebnisse lassen zwar eine abschließende Wertung nicht zu, doch zeigen sie die Möglichkeit, durch eine starke Aufgliederung des Jahrrings den Einfluß der Witterung auf die einzelnen Abschnitte des Jahrrings zu erfassen.

Auch die Dendrochronologie hat bisher fast ausschließlich die Jahrringbreite als Datierungsmerkmal verwendet. Doch sind, wie bereits frühere Auswertungen von Dichteprofilen zeigen, auch andere Jahrringmerkmale als Datierungsmerkmale geeignet. In der vorliegenden Untersuchung wird die großräumige Eignung von Jahrringbreite und Dichtemerkmale der Kiefer für dendrochronologische Untersuchungen bestätigt. Von besonderem Interesse scheint dabei, durch gemeinsame Verwendung mehrerer geeigneter Merkmale die Sicherheit der Datierung von Holzproben zu erhöhen und die Möglichkeiten der Datierung zu erweitern.

Die vorliegenden dendrochronologischen Ergebnisse geben darüberhinaus Hinweise auf groß- und kleinräumige Ähnlichkeiten und Unterschiede in Verlauf und Wirksamkeit der Witterung. Dies kann von standortkundlichem und klimageographischem Interesse sein.

## 6. ZUSAMMENFASSUNG

1. Die Röntgendensitometrie ist ein Verfahren, das hervorragend geeignet ist, den Dichteverlauf in Holzproben, insbesondere in Bohrspänen kontinuierlich und mit großer Genauigkeit darzustellen.
2. In der vorliegenden Arbeit werden 16 Kiefernbohrspäne röntgendensitometrisch auf ihren Dichteverlauf untersucht. Die Bohrspäne entstammen 60- bis 120-jährigen Bäumen aus den drei Untersuchungsgruppen Lienzingen/Stromberg, Gaildorf/Schwäbischer Wald und Ulefoss/Südnorwegen. Die Dichteprofile werden anatomisch, dendroklimatologisch und dendrochronologisch ausgewertet. In die dendrochronologische Auswertung sind Dichtekurven von zwei ostfranzösischen Beständen aus dem Bereich der Niederen Vogesen und der südlichen Oberrheinebene (veröffentlicht von Bazerque, 1974) sowie aus dem Schweizer Mittelland (mitgeteilt von Schweingruber, 1977) miteinbezogen.
3. Die Dichteprofile zeigen in Form eines Diagramms den Dichteverlauf in radialer Richtung des Holzkörpers vom Mark zum Kambium. Die einzelnen Jahrringe sind deutlich wiedergegeben mit der Frühholzzone geringer Dichte und der Spätholzzone hoher Dichte.  
Auffallend sind bei der Kiefer ein regelmäßiger leichter Abfall der Holzdichte am Anfang des Jahrrings um durchschnittlich ca. 40 mg/ccm und ein leichter Abfall am Ende des Jahrrings um durchschnittlich ca. 60 mg/ccm. Der Verlauf des Dichteprofiles innerhalb eines Jahrrings wird daher durch fünf Kardinalpunkte beschrieben, deren Position im Jahrring radial (Abszissenwert) und als Dichte (Ordinatenwert) exakt festgelegt ist: 1. Anfangsdichte, 2. Minimaldichte, 3. Maximaldichte, 5. Schlußdichte.
4. Aus den Kardinalpunkten werden 14 Jahrringmerkmale zur Charakterisierung des Jahrrings festgehalten. Hiervon sind 11 Einzelmerkmale und 3 Summenmerkmale.

Einzelmerkmale: (1) Anfangsdichte, (2) Minimaldichte, (3) Maximaldichte, (4) Schlußdichte, (5) Abfall von Anfangs- zu Minimaldichte, (6) Anstieg von Minimal- zu Maximaldichte, (7) Abfall von Maximal- zu Schlußdichte, (8) Breite zwischen Anfangs- und Minimaldichte, (9) Breite zwischen Minimaldichte und Frühholz-Spätholzgrenze, (10) Breite zwischen Frühholz-Spätholzgrenze und Maximaldichte, (11) Breite zwischen Maximal- und Schlußdichte. Summenmerkmale: (12) Frühholzbreite, (13) Spätholzbreite, (14) Gesamtbreite des Jahrrings.

5. Die Merkmale der Dichteprofile variieren mittel- und langfristig, z.T. deutlich. Dies gilt nicht nur für die Jahrringbreite, deren mittel- und langfristige Schwankungen seit langem bekannt sind, sondern auch für die Werte der Dichtemerkmale, die mit steigendem Alter einen leicht fallenden Trend aufweisen.
6. Zwischen den Jahrringmerkmalen innerhalb der Untersuchungsgruppen bestehen zahlreiche signifikante Beziehungen. Sie sind teils aus zeitlich ähnlichen Witterungseinflüssen zu erklären, unter denen die Merkmale gebildet werden, z.B. bei Anfangs- und Minimaldichte. Zum Teil sind sie funktional bedingt, wenn z.B. ein Merkmal Teil eines anderen ist. So bestehen stets signifikante Beziehungen zwischen der Jahrringbreite und ihren Teilabschnitten. Die Schwankungen der Gesamtbreite werden bei den Gruppen Gaildorf und Ulefoss stärker von den Schwankungen der Frühholzbreite beeinflusst, bei der Gruppe Lienzingen dagegen stärker von den Schwankungen der Spätholzbreite.

Einige Beziehungen zwischen den Profilmerkmalen sind physiologisch zu begründen, wenn ein früher gebildetes

Merkmal Ausdruck für eine Disposition des Baumes ist, die sich auf das später gebildete Merkmal auswirkt. Dies gilt für einige signifikante Beziehungen zwischen Merkmalen des Vorjahresrings und Merkmalen des laufenden Jahres sowie zwischen den einzelnen Abschnitten der Gesamtbreite.

7. Zwischen der Witterung und den ausgewiesenen Profilmerkmalen sind zahlreiche deutliche Beziehungen festgestellt:

- a) Zur Anfangs- und Minimaldichte ist die Beziehung der Frühjahrstemperatur positiv, die Beziehung der Frühjahrsniederschläge negativ.
- b) Maximal- und Schlußdichte: In den Gruppen Gaildorf und Ulefoss sind die Beziehungen der Sommertemperatur hierzu überwiegend positiv, die Beziehungen der Sommerniederschläge negativ. In der Gruppe Lienzingen bestehen dagegen zwischen der Sommertemperatur und diesen Dichtepunkten negative Beziehungen, zwischen den Sommer-niederschlägen und den Dichtepunkten positive Beziehungen; es ist anzunehmen, daß extreme Trockenheit, die in der Gruppe Lienzingen häufiger wirksam wird, bei der Kiefer zu einem Abbruch des Dickenwachstums vor der normalen Spätholzausbildung führt und somit die Spätholzdichte scheinbar negativ beeinflusst.
- c) Zur Jahrringbreite und ihren Teilabschnitten bestehen bis April positive Beziehungen der Temperatur, ab Mai positive Beziehungen der Niederschläge und negative Beziehungen der Temperatur.

8. Im dendrochronologischen Teil der Untersuchung wird die Eignung der untersuchten Merkmale für die Datierung von Holzproben geprüft. Außer der Jahrringbreite sind auch andere Jahrringmerkmale der Kiefer geeignet. Dies gilt besonders für die Merkmale Minimaldichte und "Anstieg von Minimal- zu Maximaldichte". Die dendrochronologische Brauchbarkeit des Merkmals Maximaldichte ist wegen der standörtlich unterschiedlichen Reaktion des Merkmals auf die Sommertrockenheit eingeschränkt.

9. Am Beispiel der Merkmale Minimaldichte, Maximaldichte und Gesamtbreite wird dargestellt, daß bei gleichzeitiger Verwendung mehrerer Merkmale für dendrochronologische Untersuchungen die Sicherheit der Datierung erhöht werden kann.
10. Eine zusammenfassende geographische Wertung der dendroklimatologischen und dendrochronologischen Ergebnisse liefert Hinweise auf Ähnlichkeiten im Verlauf und in der Wirksamkeit der Witterungsfaktoren bei den einzelnen Untersuchungsgruppen. Obwohl aus den Witterungstabellen nicht ableitbar, lassen sich auf diese Weise Ähnlichkeiten in Verlauf und Wirksamkeit der Witterung zwischen der mitteleuropäischen Gruppe Gaildorf und der norwegischen Gruppe Ulefoss vermuten.

## 7. LITERATUR UND QUELLEN

Bazerque, F., 1974: Etude dendrochronologique et dendro-climatologique de deux peuplements de pins sylvestres, Thèse de Spécialité, Université de Nancy (Die Arbeit ist unter dem neuen Familiennamen der Autorin veröffentlicht, Huber, F., 1976).

Brandt, N., 1975: Aarringundersøkelser paa furu (*Pinus sylvestris*), Metode og anvendelser. Meddelelser fra Norsk Institutt for Skogforskning 32.7, 235-335.

Braun, H.J., 1962: Neue Erkenntnisse über das Saftsteigen in Bäumen und ihre Bedeutung für das Rindenschälen und die Frosttrocknis. Schriftenreihe der Forstlichen Abteilung der Albert-Ludwigs-Universität, Freiburg i.Br. Bd.1 232-237.

Büsgen, M., 1917: Bau und Leben unserer Waldbäume, 2.Aufl., Jena

Delorme, A., 1973: Über die Bildung von Jahrringbreitenmittelkurven als Grundlage für dendrochronologische Datierung Forstwissenschaftliches Centralblatt, 92, 335-342.

Diaz-Vaz, J.E., Echols, R., Knigge, W., 1975: Vergleichende Untersuchungen der Schwankungen von Tracheidendimensionen und röntgenoptisch ermittelter Rohdichte innerhalb des Jahrrings, Forstwissenschaftliches Centralblatt, 94, 161-175.

Eckstein, D., 1972: Tree-ring research in Europe. Tree-Ring-Bulletin, 32, 1-18.

Eckstein, D., Schmidt, B., 1974: Dendroklimatologische Untersuchungen an Stieleichen aus dem maritimen Klimagebiet Schleswig-Holsteins, Angewandte Botanik, 48, 371-383.

Elliott, G.K., 1970: Wood density in conifers. Technical Communication No. 8, Commonwealth Forestry Bureau, Oxford.

Fiedler, F., Wenk, G., 1973: Der jahreszeitliche Ablauf des Dickenwachstums von Fichten und Kiefern und seine Abhängigkeit von meteorologischen Faktoren. Wissenschaftliche Zeitschrift der Technischen Universität Dresden, 22, 531-535.

Fritts, H.C., 1976: Tree Rings and Climate. London, New York, San Francisco.

Glerum, C., 1975: Irregular Anatomical Features of Wood as an Aid in Sylviculture. The Forestry Chronicle, 185 - 187.

Glock, W.S., 1955: Tree Growth, II. Growth Rings and Climate. The Botanical Review, XXI, 73 - 188.

Harris, E.H.M., 1955: The effect of rainfall on the late wood of scotch pine and other conifers in East Anglia. Forestry, 28, 136 - 140.

Heger, L., Parker, M., Kennedy, R.W., 1974: X-Ray Densitometry: A Technique and an Example of Application. Wood Science, 7, 140 - 148.

Hejnowicz, A., Tomaszewski, M., 1969: Growth Regulators and Wood Formation in Pinus silvestris. Physiologia Plantarum, 22, 984 - 992.

Henhappl, 1965: Über die Stärkeänderungen der peripheren Stammzone im Jahresablauf, Diss. Freiburg i.Br.

Huber, B., 1943: Über die Sicherheit jahrringchronologischer Datierung. Holz als Roh- und Werkstoff, 6, 263 - 268.

Huber, F., 1976: Problemes d'interdatation chez le pin silvestre et influence du climat sur la structure de ses accroissements annuels. Annales des Sciences Forestières, 33, 61 - 82.

Hughes, J.F., Albuquerque Sardinhar, R.M., de, 1975: The application of optical densitometry in the study of wood structure and properties. Journal of microscopy, 104, 91 - 103.

Jazewitsch, W.v., 1961: Zur klimatologischen Auswertung von Jahrringkurven. Forstwissenschaftliches Centralblatt, 80. 175 - 190.

Keller, R., 1968: Des caractéristiques nouvelles pour l'étude des propriétés mécaniques des bois: Les composantes de la densité. Annales des Sciences Forestières, 25, 237 - 249.

Keller, R., 1971: Ermittlung der mechanischen Eigenschaften und der Dichte von Holz mit Hilfe von Röntgenstrahlen. Holztechnologie, 12, 225 - 232.

Keller, R., Millier, C., 1970: Utilisation des composants de la densité en Xylochronologie. Annales des Sciences forestières 27, 157 - 196.

Knigge, W., Schulz, H., 1966: Grundriß der Forstbenutzung. Hamburg, Berlin.

Kramer, P.J., 1964: The role of water in wood formation. Aus "The formation of wood in forest trees", New York, London.

Künstle, E., Mitscherlich, G., 1975: Fotosynthese, Transpiration und Atmung in einem Mischbestand im Schwarzwald. Allgemeine Forst- und Jagdzeitschrift, 146, 45 - 63.

Künstle, E., Ulrich, C.H., 1976: Vergleichend Gaswechsellmessungen an der gemeinen Kiefer (*Pinus silvestris*, L.) und Schwarzkiefer (*Pinus nigra*, Arn.) unter den Extrembedingungen des Sommers 1975 im oberrheinischen Trockengebiet. Allgemeine Forst- und Jagdzeitschrift, 147, 65 - 68.

Larson, P.R., 1964: Some indirect effects of environment in wood formation. Aus "The formation of wood in forest trees", New York, London.

Lenz, O., 1957: Utilisation de la radiographie pour l'examen des couches d'accroissement. Mitteilungen der Schweizerischen Anstalt für das Forstliche Versuchswesen, 33, 125 - 134.

Lenz, O., Schär, E., Schweingruber, F.H., 1976: Methodische Probleme bei der radiographisch-densitometrischen Bestimmung der Dichte und der Jahrringbreite von Holz, *Holzforschung*, 30, 114 - 123.

Liese, W., Schneider, M., Eckstein, D., 1974: Histometrische Untersuchungen an rauchgeschädigten Fichten. *Nachrichten aus der BFA II/1974*, 12.

Mammen, E., 1952: Der Einfluß einiger Witterungsfaktoren auf Jahrringbreite und Spätholzbildung verschiedener Holzarten des gleichen nordwestdeutschen Standorts. *Diss. Hann. Münden*

Mayer-Wegelin, H., 1950: Der Härtetaster. Ein neues Gerät zur Untersuchung von Jahrringbau und Holzgefüge. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung*, 122, 12 - 23.

Mitscherlich, G., 1970: *Wald, Wachstum und Umwelt*, 1. Band, Frankfurt.

Munaut, A.V., 1966: *Recherches dendrochronologiques sur pinus silvestris*, I. Etude de 45 pins sylvestres récents originaires de Belgique. *Agriculture*, 2. série, 1966, 193 - 232.

Nagoda, L., 1965: En ny fremgagnsmaate ved mikroanalyse av trevirke, *Norsk Skogindustrie*, 19.

Niemann, U., 1978: Persönliche Mitteilung

Ording, A., 1940: Jahrringanalyse paa gran og furu. *Meddelelser fra det Norske Skogforsøeksvesen*, 24, 103 ff.

Parker, M.L., Hennoch, W.E.S., 1971: The use of Engelmann Spruce Latewood Density for Dendrochronological Purposes. *Canadian Journal of Forest Research*, 90 - 98.

Paenson, I., 1970: *Systematic Glossary of the terminology of statistical methods*. Pergamon Press.

Pisek, A., Larcher, W., Pack, I., Unterhölzer, R., 1968: Kardinale Temperaturbereiche der Photosynthese und Grenztemperaturen des Lebens der Blätter verschiedener Spermatophyten. II. Temperaturmaximum der Nettphotosynthese und Hitzeresistenz der Blätter. *Flora*, 158 B, 110 - 128.

Polge, 1962: Recherches sur l'utilisation de prélèvements effectués à la tarière de Preßler pour l'étude des propriétés physiques et mécaniques des bois. *Revue forestière française*, XIV, 835 - 853.

Polge H., 1963: L'analyse densitométrique de clichés radiographiques. *Annales de l'Ecole Nationale des Eaux et Forêts et de la Station de Recherches et Expériences*, XX, 535 - 580.

Polge, H., 1964: Le bois juvenile des Conifères. *Revue forestière française*, XVI, 474 - 505.

Polge, H., 1966: Etablissement des courbes de variation de la densité du bois par l'exploration densitométrique de radiographies d'échantillons prélevés à la tarière sur arbres vivants. Applications dans les domaines Technologiques et Physiologiques. *Annales des Sciences Forestières*, XXIII, 1 - 206.

Polge, H., 1971: Perfectionnements récents de l'analyse densitométrique du bois. Département d'exploration et d'utilisation des bois, université Laval, Québec, note de recherches, No. 10.

Polge, H., 1977: Utilisation de la densité du bois en dendrochronologie et dendroclimatologie, avantages et inconvénients. *Revue forestière française*, XXIX, 421 - 477.

Polge, H., Keller, R., 1968: Influence de l'approvisionnement en eau sur la structure interne des accroissements annuels, experience d'irrigation sur pins sylvestres. Annales des Sciences Forestières, 25, 125 - 133.

Polge, H., Keller, R., 1969: La Xylochronologie, perfectionnement logique de la dendrochronologie. Annales de Sciences Forestières, 26, 225 - 256.

Polster, H., Fuchs, S., 1963: Winterassimilation und -atmung der Kiefer (*Pinus silvestris* L.) im mitteleuropäischen Binnenlandklima. Archiv für Forstwesen, 12, 1011 - 1023.

Prodan, M., 1961: Forstliche Biometrie. München, Bonn, Wien.

Roberts, L.W., 1976: Cytodifferentiation in plants, Xylogenesis as a Modell System. Cambridge, London, New York, Melbourne.

Röthlisberger, F., 1976: Gletscher- und Klimaschwankungen im Raum Zermatt, Ferpècle und Arolla. Die Alpen, 52, 59 - 152.

Ruby, J.L., Wright, J.W., 1976: A revised classification of geographic varieties in scots pine. Silvae Genetica, 25, 169 - 175.

Sachs, L., 1969: Statistische Auswertungsmethoden, 2. Aufl., Berlin, Heidelberg, New York.

Sanio., 1872: Über die Größe der Holzzellen bei der gemeinen Kiefer (*Pinus silvestris*). Jahrbuch für wissenschaftliche Botanik, 1872, 401 - 420.

Schober, R., 1950: Zum jahreszeitlichen Ablauf des sekundären Dickenwachstums. Allgemeine Forst- und Jagdzeitschrift, 122, 81 - 96.

Schweingruber, F.H., 1977: Persönliche Mitteilung.

Schweingruber, F.H., Bräker, O.U., Schär, E., 1977: X-ray densitometrie studies of conifers from the subalpine zone. Birmensdorf.

Weber, E., 1972: Grundriß der Biologischen Statistik, Stuttgart.

Weber, E., 1974: Einführung in die Faktorenanalyse, Stuttgart

Wodzicki, T.J., 1971: Mechanism of Xylem Differentiation in *Pinus silvestris* L. *Journal of experimental Botany*, 22, 670 - 687.

Wodzicki, T.J., Wodzicki, A.B., 1973: Auxin stimulation of Cambial activity in *Pinus silvestris*, II. Dependence upon Basipetal Transport, *Physiologia Plantarum*, 29, 288 - 292.

Worschitz, F., 1933: L'utilisation des rayons X en vue de l'étude de la qualité des bois. IUFRO-Kongreß, 1932 Nancy, 459 - 489.

Zajackowski, S., 1973: Auxin stimulation of Cambial activity in *Pinus silvestris*, I. The Differential Cambial Response. *Physiologia Plantarum*, 29, 281 - 287.

# Kennzahlen zur Größe der Profilmerkmale

## Anlage 1

| Merkmal<br>Maß-<br>einheit           | Gruppe     | Extremwerte<br>der<br>Einzelpro-<br>file | Arithmetische Mittelwerte                  |           |                                             | Trend-<br>signi-<br>fikanz<br>x=5%ZW<br>xx=1%ZW |
|--------------------------------------|------------|------------------------------------------|--------------------------------------------|-----------|---------------------------------------------|-------------------------------------------------|
|                                      |            |                                          | 1.Drittel<br>des<br>Untersuchungszeitraums | 3.Drittel | gesamter<br>Unter-<br>suchungs-<br>zeitraum |                                                 |
| Danf<br>mg/ccm                       | Lienzingen | 239 - 435                                | 344                                        | 312       | 325                                         | 4.5 xx                                          |
|                                      | Gaildorf   | 210 - 504                                | 384                                        | 319       | 346                                         | 4.7 xx                                          |
|                                      | Ulefoss    | 263 - 387                                | 343                                        | 321       | 328                                         | 2.9 xx                                          |
| Dmin<br>mg/ccm                       | Lienzingen | 200 - 372                                | 290                                        | 286       | 284                                         | 0.8                                             |
|                                      | Gaildorf   | 210 - 473                                | 329                                        | 295       | 308                                         | 4.0 xx                                          |
|                                      | Ulefoss    | 247 - 377                                | 318                                        | 299       | 306                                         | 4.7 x                                           |
| Dmax<br>mg/ccm                       | Lienzingen | 368 - 983                                | 815                                        | 714       | 760                                         | 3.5 xx                                          |
|                                      | Gaildorf   | 611 - 1099                               | 960                                        | 832       | 895                                         | 4.7 xx                                          |
|                                      | Ulefoss    | 506 - 970                                | 815                                        | 749       | 770                                         | 2.3 x                                           |
| Ds<br>mg/ccm                         | Lienzingen | 368 - 976                                | 735                                        | 683       | 710                                         | 3.9 xx                                          |
|                                      | Gaildorf   | 591 - 988                                | 900                                        | 775       | 820                                         | 4.0 xx                                          |
|                                      | Ulefoss    | 490 - 873                                | 732                                        | 667       | 689                                         | 1.7 x                                           |
| D Danf-<br>Dmin<br>mg/ccm            | Lienzingen | 0 - 82                                   | 54                                         | 25        | 41                                          | 3.9 xx                                          |
|                                      | Gaildorf   | 0 - 180                                  | 55                                         | 24        | 38                                          | 2.7 xx                                          |
|                                      | Ulefoss    | 0 - 96                                   | 28                                         | 21        | 22                                          | 0.6                                             |
| D Dmin-<br>Dmax<br>mg/ccm            | Lienzingen | 111 - 623                                | 525                                        | 429       | 476                                         | 2.1 x                                           |
|                                      | Gaildorf   | 308 - 776                                | 631                                        | 537       | 590                                         | 4.7 xx                                          |
|                                      | Ulefoss    | 249 - 680                                | 497                                        | 450       | 464                                         | 1.7 x                                           |
| D Dmax-<br>Ds<br>mg/ccm              | Lienzingen | 0 - 114                                  | 79                                         | 39        | 50                                          | 3.5 xx                                          |
|                                      | Gaildorf   | 0 - 300                                  | 61                                         | 62        | 65                                          | 0.6                                             |
|                                      | Ulefoss    | 0 - 280                                  | 84                                         | 81        | 81                                          | 0.0                                             |
| mittl.<br>Jahrr.-<br>dicke<br>mg/ccm | Lienzingen |                                          |                                            |           | 456                                         |                                                 |
|                                      | Gaildorf   |                                          |                                            |           | 530                                         |                                                 |
|                                      | Ulefoss    |                                          |                                            |           | 490                                         |                                                 |
| Br Danf-<br>Dmin<br>mm               | Lienzingen | 0.0 - 1.5                                | 0.29                                       | 0.12      | 0.25                                        | 3.5 xx                                          |
|                                      | Gaildorf   | 0.0 - 0.7                                | 0.19                                       | 0.18      | 0.19                                        | 1.2                                             |
|                                      | Ulefoss    | 0.0 - 1.2                                | 0.31                                       | 0.26      | 0.24                                        | 1.45                                            |
| Br Dmin-<br>550<br>mm                | Lienzingen | 0.2 - 2.5                                | 0.81                                       | 0.59      | 0.69                                        | 3.5 xx                                          |
|                                      | Gaildorf   | 0.3 - 2.3                                | 0.73                                       | 0.74      | 0.72                                        | 0.1                                             |
|                                      | Ulefoss    | 0.2 - 3.1                                | 0.74                                       | 1.08      | 0.96                                        | 2.9 xx                                          |
| Br 550-<br>Dmax<br>mm                | Lienzingen | 0.0 - 1.2                                | 0.36                                       | 0.18      | 0.28                                        | 2.7 xx                                          |
|                                      | Gaildorf   | 0.2 - 1.4                                | 0.60                                       | 0.36      | 0.47                                        | 3.7 xx                                          |
|                                      | Ulefoss    | 0.0 - 1.0                                | 0.47                                       | 0.43      | 0.46                                        | 0.6                                             |
| Br Dmax-<br>Ds<br>mm                 | Lienzingen | 0.0 - 1.0                                | 0.14                                       | 0.10      | 0.14                                        | 1.63                                            |
|                                      | Gaildorf   | 0.0 - 1.0                                | 0.17                                       | 0.17      | 0.17                                        | 0.8                                             |
|                                      | Ulefoss    | 0.0 - 1.0                                | 0.21                                       | 0.27      | 0.24                                        | 1.7 x                                           |
| F<br>mm                              | Lienzingen | 0.2 - 3.5                                | 1.11                                       | 0.71      | 0.94                                        | 3.9 xx                                          |
|                                      | Gaildorf   | 0.3 - 3.3                                | 0.92                                       | 0.92      | 0.91                                        | 0.4                                             |
|                                      | Ulefoss    | 0.3 - 3.7                                | 1.06                                       | 1.36      | 1.20                                        | 1.7 x                                           |
| S<br>mm                              | Lienzingen | 0.0 - 1.3                                | 0.49                                       | 0.28      | 0.42                                        | 2.2 x                                           |
|                                      | Gaildorf   | 0.2 - 2.1                                | 0.78                                       | 0.53      | 0.64                                        | 2.6 xx                                          |
|                                      | Ulefoss    | 0.0 - 1.8                                | 0.68                                       | 0.68      | 0.70                                        | 0.9                                             |
| Br<br>mm                             | Lienzingen | 0.2 - 4.5                                | 1.59                                       | 1.00      | 1.36                                        | 3.1 xx                                          |
|                                      | Gaildorf   | 0.5 - 4.7                                | 1.68                                       | 1.46      | 1.54                                        | 1.8 x                                           |
|                                      | Ulefoss    | 0.6 - 5.0                                | 1.73                                       | 2.04      | 1.84                                        | 0.9                                             |

Anlage 2

Beziehungen zwischen den Profilmerkmalen innerhalb der Untersuchungsgruppen

Legende:

GL = Gleichläufigkeitsprozent

r = Korrelationskoeffizient

einfach unterstrichene Werte haben 5 % Zufallswahrscheinlichkeit,  
doppelt unterstrichene Werte haben 0.1 % Zufallswahrscheinlichkeit.

Signifikanzschwellen:

| Gruppe     | Zufalls-<br>wahrschein-<br>lichkeit | Gleichläufigkeits-<br>prozent |             | Korrelations-<br>koeffizient |
|------------|-------------------------------------|-------------------------------|-------------|------------------------------|
| Lienzingen | 5 %                                 | <u>≥ 60</u>                   | <u>≤ 40</u> | <u>± 0.24</u>                |
| Gaildorf   | 0.1 %                               | <u>≥ 69</u>                   | <u>≤ 31</u> | <u>± 0.39</u>                |
| Ulefoss    | 5 %                                 | <u>≥ 64</u>                   | <u>≤ 36</u> | <u>± 0.32</u>                |
|            | 0.1 %                               | <u>≥ 75</u>                   | <u>≤ 25</u> | <u>± 0.51</u>                |

Anlage 2a

Beziehungen von Profilmerkmalen zur Anfangsdichte  
innerhalb derselben Untersuchungsgruppe

| Bezugs-<br>Merkmale               | Lienzingen |               | Gaildorf  |               | Ulefoss |        |
|-----------------------------------|------------|---------------|-----------|---------------|---------|--------|
|                                   | GL         | r             | GL        | r             | GL      | r      |
| Gleiches Merkmal<br>des Vorjahres |            |               |           |               |         |        |
| Ds Vorjahr                        | 55         | + 0.17        | <u>61</u> | <u>+ 0.25</u> | 50      | + 0.05 |
| S Vorjahr                         | 56         | + 0.19        | 46        | + 0.18        | 47      | + 0.07 |
| Br Vorjahr                        | <u>63</u>  | <u>+ 0.30</u> | 49        | + 0.19        | 44      | - 0.11 |
| Danf                              |            |               |           |               |         |        |
| Dmin                              |            |               |           |               |         |        |
| Br Danf-Dmin                      |            |               |           |               |         |        |
| D Danf-Dmin                       |            |               |           |               |         |        |
| Dmax                              |            |               |           |               |         |        |
| Br Dmin-550                       |            |               |           |               |         |        |
| Br 550-Dmax                       |            |               |           |               |         |        |
| D Dmin-Dmax                       |            |               |           |               |         |        |
| Ds                                |            |               |           |               |         |        |
| Br Dmax-Ds                        |            |               |           |               |         |        |
| D Dmax-Ds                         |            |               |           |               |         |        |
| F                                 |            |               |           |               |         |        |
| S                                 |            |               |           |               |         |        |

Anlage 2b

Beziehungen von Profilmerkmalen zur Minimaldicke  
innerhalb derselben Untersuchungsgruppe

| Bezugs-<br>Merkmale               | Lienzingen |                 | Gaildorf |                 | Ulefoss  |                 |
|-----------------------------------|------------|-----------------|----------|-----------------|----------|-----------------|
|                                   | GL         | r               | GL       | r               | GL       | r               |
| Gleiches Merkmal<br>des Vorjahres |            |                 |          |                 |          |                 |
| Ds Vorjahr                        |            |                 |          |                 |          |                 |
| S Vorjahr                         |            |                 |          |                 |          |                 |
| Br Vorjahr                        |            |                 |          |                 |          |                 |
| Danf                              | 82<br>==   | + 0.53<br>===== | 73<br>== | + 0.68<br>===== | 84<br>== | + 0.83<br>===== |
| Dmin                              |            |                 |          |                 |          |                 |
| Br Danf-Dmin                      |            |                 |          |                 |          |                 |
| D Danf-Dmin                       |            |                 |          |                 |          |                 |
| Dmax                              |            |                 |          |                 |          |                 |
| Br Dmin-550                       |            |                 |          |                 |          |                 |
| Br 550-Dmax                       |            |                 |          |                 |          |                 |
| D Dmin-Dmax                       |            |                 |          |                 |          |                 |
| Ds                                |            |                 |          |                 |          |                 |
| Br Dmax-Ds                        |            |                 |          |                 |          |                 |
| D Dmax-Ds                         |            |                 |          |                 |          |                 |
| F                                 |            |                 |          |                 |          |                 |
| S                                 |            |                 |          |                 |          |                 |

Anlage 2c

Beziehungen von Profilmerkmalen zur "Breite zwischen  
Anfangs- und Minimaldicke" innerhalb derselben Untersuchungs-  
gruppe

| Bezugs-<br>Merkmale | Lienzingen |        | Gaildorf |        | Ulefoss |        |
|---------------------|------------|--------|----------|--------|---------|--------|
|                     | GL         | r      | GL       | r      | GL      | r      |
| Gleiches Merkmal    |            |        |          |        |         |        |
| des Vorjahres       |            |        |          |        |         |        |
| Ds Vorjahr          |            |        |          |        |         |        |
| S Vorjahr           |            |        |          |        |         |        |
| Br Vorjahr          |            |        |          |        |         |        |
| Danf                | 65         | + 0.25 | 53       | + 0.22 | 61      | + 0.01 |
| Dmin                | 54         | - 0.16 | 47       | - 0.02 | 47      | - 0.33 |
| Br Danf-Dmin        |            |        |          |        |         |        |
| D Danf-Dmin         |            |        |          |        |         |        |
| Dmax                |            |        |          |        |         |        |
| Br Dmin-550         |            |        |          |        |         |        |
| Br 550-Dmax         |            |        |          |        |         |        |
| D Dmin-Dmax         |            |        |          |        |         |        |
| Ds                  |            |        |          |        |         |        |
| Br Dmax-Ds          |            |        |          |        |         |        |
| D Dmax-Ds           |            |        |          |        |         |        |
| F                   |            |        |          |        |         |        |
| S                   |            |        |          |        |         |        |

Beziehungen von Profilmerkmalen zum "Abfall von Anfangs-  
zu Minimaldichte" innerhalb derselben Untersuchungsgruppe

| Bezugs-<br>Merkmale               | Lienzingen |               | Gaildorf  |               | Ulefoss   |               |
|-----------------------------------|------------|---------------|-----------|---------------|-----------|---------------|
|                                   | GL         | r             | GL        | r             | GL        | r             |
| Gleiches Merkmal<br>des Vorjahres |            |               |           |               |           |               |
| Ds Vorjahr                        |            |               |           |               |           |               |
| S Vorjahr                         |            |               |           |               |           |               |
| Br Vorjahr                        |            |               |           |               |           |               |
| Danf                              | <u>64</u>  | <u>+ 0.73</u> | <u>76</u> | <u>+ 0.43</u> | 51        | + 0.06        |
| Dmin                              | <u>40</u>  | - 0.10        | 55        | + 0.08        | 41        | <u>- 0.50</u> |
| Br Danf-Dmin                      | <u>63</u>  | <u>+ 0.44</u> | 58        | <u>+ 0.23</u> | <u>83</u> | <u>+ 0.71</u> |
| D Danf-Dmin                       |            |               |           |               |           |               |
| Dmax                              |            |               |           |               |           |               |
| Br Dmin-550                       |            |               |           |               |           |               |
| Br 550-Dmax                       |            |               |           |               |           |               |
| D Dmin-Dmax                       |            |               |           |               |           |               |
| Ds                                |            |               |           |               |           |               |
| Br Dmax-Ds                        |            |               |           |               |           |               |
| D Dmax-Ds                         |            |               |           |               |           |               |
| F                                 |            |               |           |               |           |               |
| S                                 |            |               |           |               |           |               |

Anlage 2e

Beziehungen von Profilmerkmalen zur Maximaldichte innerhalb derselben Untersuchungsgruppe

| Bezugs-<br>Merkmale               | Lienzingen |        | Gaildorf |               | Ulefoss |        |
|-----------------------------------|------------|--------|----------|---------------|---------|--------|
|                                   | GL         | r      | GL       | r             | GL      | r      |
| Gleiches Merkmal<br>des Vorjahres |            |        |          |               |         |        |
| Ds Vorjahr                        |            |        |          |               |         |        |
| S Vorjahr                         |            |        |          |               |         |        |
| Br Vorjahr                        |            |        |          |               |         |        |
| Danf                              |            |        |          |               |         |        |
| Dmin                              | <u>38</u>  | - 0.04 | 52       | <u>+ 0.39</u> | 41      | + 0.25 |
| Br Danf-Dmin                      |            |        |          |               |         |        |
| D Danf-Dmin                       |            |        |          |               |         |        |
| Dmax                              |            |        |          |               |         |        |
| Br Dmin-550                       |            |        |          |               |         |        |
| Br 550-Dmax                       |            |        |          |               |         |        |
| D Dmin-Dmax                       |            |        |          |               |         |        |
| Ds                                |            |        |          |               |         |        |
| Br Dmax-Ds                        |            |        |          |               |         |        |
| D Dmax-Ds                         |            |        |          |               |         |        |
| F                                 |            |        |          |               |         |        |
| S                                 |            |        |          |               |         |        |

Anlage 2f

Beziehungen von Profilmerkmalen zu "Breite zwischen Minimaldichte und Frühholz-Spätholzgrenze" innerhalb derselben Untersuchungsgruppe

| Bezugs-<br>Merkmale               | Lienzingen |        | Gaildorf |        | Ulefoss |               |
|-----------------------------------|------------|--------|----------|--------|---------|---------------|
|                                   | GL         | r      | GL       | r      | GL      | r             |
| Gleiches Merkmal<br>des Vorjahres |            |        |          |        |         |               |
| Ds Vorjahr                        |            |        |          |        |         |               |
| S Vorjahr                         |            |        |          |        |         |               |
| Br Vorjahr                        |            |        |          |        |         |               |
| Danf                              |            |        |          |        |         |               |
| Dmin                              | 54         | - 0.09 | 43       | - 0.08 | 47      | - 0.31        |
| Br Danf-Dmin                      | 41         | + 0.09 | 52       | + 0.10 | 60      | <u>+ 0.47</u> |
| D Danf-Dmin                       |            |        |          |        |         |               |
| Dmax                              |            |        |          |        |         |               |
| Br Dmin-550                       |            |        |          |        |         |               |
| Br 550-Dmax                       |            |        |          |        |         |               |
| D Dmin-Dmax                       |            |        |          |        |         |               |
| Ds                                |            |        |          |        |         |               |
| Br Dmax-Ds                        |            |        |          |        |         |               |
| D Dmax-Ds                         |            |        |          |        |         |               |
| F                                 |            |        |          |        |         |               |
| S                                 |            |        |          |        |         |               |

Anlage 2g

Beziehungen von Profilmerkmalen zur "Breite zwischen Frühholz-Spätholzgrenze und Maximaldichte" innerhalb derselben Untersuchungsgruppe

| Bezugs-<br>Merkmale               | Lienzingen |        | Gaildorf |        | Ulefoss   |        |
|-----------------------------------|------------|--------|----------|--------|-----------|--------|
|                                   | GL         | r      | GL       | r      | GL        | r      |
| Gleiches Merkmal<br>des Vorjahres |            |        |          |        |           |        |
| Ds Vorjahr                        |            |        |          |        |           |        |
| S Vorjahr                         |            |        |          |        |           |        |
| Br Vorjahr                        |            |        |          |        |           |        |
| Danf                              |            |        |          |        |           |        |
| Dmin                              |            |        |          |        |           |        |
| Br Danf-Dmin                      | 47         | + 0.20 | 46       | + 0.27 | 59        | + 0.34 |
| D Danf-Dmin                       |            |        |          |        |           |        |
| Dmax                              | <u>67</u>  | + 0.19 | 59       | + 0.15 | <u>65</u> | + 0.43 |
| Br Dmin-550                       | 47         | + 0.12 | 54       | + 0.18 | <u>64</u> | + 0.20 |
| Br 550-Dmax                       |            |        |          |        |           |        |
| D Dmin-Dmax                       |            |        |          |        |           |        |
| Ds                                |            |        |          |        |           |        |
| Br Dmax-Ds                        |            |        |          |        |           |        |
| D Dmax-Ds                         |            |        |          |        |           |        |
| F                                 |            |        |          |        |           |        |
| S                                 |            |        |          |        |           |        |

Anlage 2h

Beziehungen von Profilmerkmalen zum "Anstieg von Minimal-  
zu Maximaldichte" innerhalb derselben Untersuchungsgruppe

| Bezugs-<br>Merkmale               | Lienzingen |               | Gaildorf  |               | Ulefoss   |               |
|-----------------------------------|------------|---------------|-----------|---------------|-----------|---------------|
|                                   | GL         | r             | GL        | r             | GL        | r             |
| Gleiches Merkmal<br>des Vorjahres |            |               |           |               |           |               |
| Ds Vorjahr                        |            |               |           |               |           |               |
| S Vorjahr                         |            |               |           |               |           |               |
| Br Vorjahr                        |            |               |           |               |           |               |
| Danf                              |            |               |           |               |           |               |
| Dmin                              | <u>32</u>  | <u>- 0.35</u> | 41        | - 0.01        | <u>34</u> | - 0.09        |
| Br Danf-Dmin                      |            |               |           |               |           |               |
| D Danf-Dmin                       |            |               |           |               |           |               |
| Dmax                              | <u>21</u>  | <u>+ 0.95</u> | <u>83</u> | <u>+ 0.73</u> | <u>87</u> | <u>+ 0.74</u> |
| Br Dmin-550                       | 55         | + 0.23        | <u>63</u> | + 0.20        | 61        | + 0.17        |
| Br 550-Dmax                       | <u>70</u>  | <u>+ 0.59</u> | 55        | + 0.06        | 57        | <u>+ 0.46</u> |
| D Dmin-Dmax                       |            |               |           |               |           |               |
| Ds                                |            |               |           |               |           |               |
| Br Dmax-Ds                        |            |               |           |               |           |               |
| D Dmax-Ds                         |            |               |           |               |           |               |
| F                                 |            |               |           |               |           |               |
| S                                 |            |               |           |               |           |               |

Anlage 21

Beziehungen von Profilmerkmalen zur Schlußdicke innerhalb  
derselben Untersuchungsgruppe

| Bezugs-<br>Merkmale               | Lienzingen |               | Gaildorf  |               | Ulefoss   |               |
|-----------------------------------|------------|---------------|-----------|---------------|-----------|---------------|
|                                   | GL         | r             | GL        | r             | GL        | r             |
| Gleiches Merkmal<br>des Vorjahres |            |               |           |               |           |               |
| Ds Vorjahr                        |            |               |           |               |           |               |
| S Vorjahr                         |            |               |           |               |           |               |
| Br Vorjahr                        |            |               |           |               |           |               |
| Danf                              |            |               |           |               |           |               |
| Dmin                              |            |               |           |               |           |               |
| Br Danf-Dmin                      |            |               |           |               |           |               |
| D Danf-Dmin                       |            |               |           |               |           |               |
| Dmax                              | <u>83</u>  | <u>+ 0.88</u> | <u>80</u> | <u>+ 0.63</u> | <u>73</u> | <u>+ 0.70</u> |
| Br Dmin-550                       |            |               |           |               |           |               |
| Br 550-Dmax                       |            |               |           |               |           |               |
| Dmin-Dmax                         |            |               |           |               |           |               |
| Ds                                |            |               |           |               |           |               |
| Br Dmax-Ds                        |            |               |           |               |           |               |
| D Dmax-Ds                         |            |               |           |               |           |               |
| F                                 |            |               |           |               |           |               |
| S                                 |            |               |           |               |           |               |

Beziehungen von Profilmerkmalen zur Breite zwischen Maximal- und Schlußdicke<sup>1)</sup> innerhalb derselben Untersuchungsgruppe

| Bezugs-<br>Merkmale               | Lienzingen |        | Gaildorf |        | Ulefoss |        |
|-----------------------------------|------------|--------|----------|--------|---------|--------|
|                                   | GL         | r      | GL       | r      | GL      | r      |
| Gleiches Merkmal<br>des Vorjahres |            |        |          |        |         |        |
| Ds Vorjahr                        |            |        |          |        |         |        |
| S Vorjahr                         |            |        |          |        |         |        |
| Br Vorjahr                        |            |        |          |        |         |        |
| Danf                              |            |        |          |        |         |        |
| Dmin                              |            |        |          |        |         |        |
| Br Danf-Dmin                      | 53         | + 0.21 | 44       | + 0.10 | 53      | + 0.24 |
| D Danf-Dmin                       |            |        |          |        |         |        |
| Dmax                              | 51         | + 0.31 | 62       | + 0.03 | 47      | + 0.16 |
| Br Dmin-550                       | 57         | + 0.18 | 50       | + 0.19 | 69      | + 0.53 |
| Br 550-Dmax                       | 47         | + 0.07 | 49       | + 0.07 | 44      | + 0.01 |
| D Dmin-Dmax                       |            |        |          |        |         |        |
| Ds                                | 45         | + 0.19 | 50       | - 0.38 | 41      | - 0.24 |
| Br Dmax-Ds                        |            |        |          |        |         |        |
| D Dmax-Ds                         |            |        |          |        |         |        |
| F                                 |            |        |          |        |         |        |
| S                                 |            |        |          |        |         |        |

Beziehungen von Profilmerkmalen zum "Abfall von Maximal- zu  
Schlußdichte" innerhalb derselben Untersuchungsgruppe

| Bezugs-<br>Merkmale               | Lienzingen |               | Gaildorf  |               | Ulefoss   |               |
|-----------------------------------|------------|---------------|-----------|---------------|-----------|---------------|
|                                   | GL         | r             | GL        | r             | GL        | r             |
| Gleiches Merkmal<br>des Vorjahres |            |               |           |               |           |               |
| Ds Vorjahr                        |            |               |           |               |           |               |
| S Vorjahr                         |            |               |           |               |           |               |
| Br Vorjahr                        |            |               |           |               |           |               |
| Danf                              |            |               |           |               |           |               |
| Dmin                              |            |               |           |               |           |               |
| Br Danf-Dmin                      |            |               |           |               |           |               |
| D Danf-Dmin                       |            |               |           |               |           |               |
| Dmax                              | <u>86</u>  | <u>+ 0.64</u> | 45        | - 0.17        | 59        | + 0.19        |
| Br Dmin-550                       |            |               |           |               |           |               |
| Br 550-Dmax                       |            |               |           |               |           |               |
| D Dmin-Dmax                       |            |               |           |               |           |               |
| Ds                                | <u>69</u>  | <u>+ 0.48</u> | <u>32</u> | <u>- 0.62</u> | <u>31</u> | <u>- 0.57</u> |
| Br Dmax-Ds                        | <u>76</u>  | <u>+ 0.32</u> | <u>62</u> | <u>+ 0.52</u> | <u>75</u> | <u>+ 0.51</u> |
| D Dmax-Ds                         |            |               |           |               |           |               |
| F                                 |            |               |           |               |           |               |
| S                                 |            |               |           |               |           |               |

Beziehungen von Profilmerkmalen zu Frühholzbreite innerhalb derselben Untersuchungsgruppe

| Bezugs-<br>Merkmale               | Lienzingen |                      | Gaildorf  |               | Ulefoss   |               |
|-----------------------------------|------------|----------------------|-----------|---------------|-----------|---------------|
|                                   | GL         | r                    | GL        | r             | GL        | r             |
| Gleiches Merkmal<br>des Vorjahres | 43         | <u><u>+ 0.45</u></u> | 46        | + 0.22        | 50        | <u>+ 0.40</u> |
| Ds Vorjahr                        | 49         | + 0.10               | 52        | - 0.06        | 51        | - 0.10        |
| S Vorjahr                         | 50         | <u>+ 0.25</u>        | 56        | <u>+ 0.28</u> | 60        | <u>+ 0.30</u> |
| Br Vorjahr                        | 49         | <u>+ 0.30</u>        | 49        | <u>+ 0.30</u> | 58        | <u>+ 0.39</u> |
| Danf                              | 53         | <u>+ 0.25</u>        | 52        | <u>+ 0.06</u> | 53        | - 0.13        |
| Dmin                              | 54         | - 0.05               | 46        | - 0.06        | 43        | <u>- 0.39</u> |
| Br Danf-Dmin                      | <u>60</u>  | + 0.15               | <u>63</u> | <u>+ 0.61</u> | <u>83</u> | <u>+ 0.68</u> |
| D Danf-Dmin                       | 50         | + 0.23               | 54        | + 0.17        | <u>71</u> | <u>+ 0.63</u> |
| Dmax                              |            |                      |           |               |           |               |
| Br Dmin-550                       | <u>78</u>  | <u>+ 0.93</u>        | <u>85</u> | <u>+ 0.80</u> | <u>78</u> | <u>+ 0.56</u> |
| Br 550-Dmax                       |            |                      |           |               |           |               |
| D Dmin-Dmax                       |            |                      |           |               |           |               |
| Ds                                |            |                      |           |               |           |               |
| Br Dmax-Ds                        |            |                      |           |               |           |               |
| D Dmax-Ds                         |            |                      |           |               |           |               |
| F                                 |            |                      |           |               |           |               |
| S                                 |            |                      |           |               |           |               |

Anlage 2m

Beziehungen von Profilmerkmalen zur Spätholzbreite innerhalb derselben Untersuchungsgruppe

| Bezugs-<br>Merkmale               | Lienzingen |               | Gaildorf  |               | Ulefoss   |               |
|-----------------------------------|------------|---------------|-----------|---------------|-----------|---------------|
|                                   | GL         | r             | GL        | r             | GL        | r             |
| Gleiches Merkmal<br>des Vorjahres | <u>35</u>  | - 0.15        | 46        | + 0.19        | 47        | + 0.12        |
| Ds Vorjahr                        |            |               |           |               |           |               |
| S Vorjahr                         |            |               |           |               |           |               |
| Br Vorjahr                        | 42         | - 0.01        | <u>35</u> | - 0.13        | 43        | - 0.04        |
| Danf                              |            |               |           |               |           |               |
| Dmin                              |            |               |           |               |           |               |
| Br Danf-Dmin                      |            |               |           |               |           |               |
| D Danf-Dmin                       |            |               |           |               |           |               |
| Dmax                              | <u>70</u>  | <u>+ 0.68</u> | 53        | + 0.04        | 61        | <u>+ 0.37</u> |
| Br Dmin-550                       | 47         | + 0.23        | <u>64</u> | <u>+ 0.29</u> | <u>67</u> | <u>+ 0.56</u> |
| Br 550-Dmax                       | <u>84</u>  | <u>+ 0.77</u> | <u>75</u> | <u>+ 0.55</u> | <u>83</u> | <u>+ 0.61</u> |
| D Dmin-Dmax                       | <u>71</u>  | <u>+ 0.69</u> | 56        | + 0.02        | 57        | <u>+ 0.33</u> |
| Ds                                | <u>74</u>  | <u>+ 0.57</u> | 46        | - 0.26        | 45        | + 0.10        |
| Br Dmax-Ds                        | <u>72</u>  | <u>+ 0.66</u> | <u>65</u> | <u>+ 0.50</u> | 63        | <u>+ 0.57</u> |
| D Dmax-Ds                         | <u>67</u>  | <u>+ 0.66</u> | <u>61</u> | <u>+ 0.43</u> | 63        | <u>+ 0.35</u> |
| F                                 | 51         | <u>+ 0.35</u> | <u>60</u> | + 0.19        | <u>76</u> | <u>+ 0.53</u> |
| S                                 |            |               |           |               |           |               |

Anlage 2n

Beziehungen von Profilmerkmalen zur Gesamtbreite innerhalb  
derselben Untersuchungsgruppe

| Bezugs-<br>Merkmale               | Lienzingen |               | Gaildorf |               | Ulefoss |               |
|-----------------------------------|------------|---------------|----------|---------------|---------|---------------|
|                                   | GL         | r             | GL       | r             | GL      | r             |
| Gleiches Merkmal<br>des Vorjahres | 44         | + 0.24        | 41       | + 0.21        | 44      | + 0.24        |
| Ds Vorjahr                        |            |               |          |               |         |               |
| S Vorjahr                         |            |               |          |               |         |               |
| Br Vorjahr                        |            |               |          |               |         |               |
| Danf                              | 41         | + 0.02        | 51       | + 0.30        | 59      | + 0.01        |
| Dmin                              | 42         | - 0.01        | 45       | + 0.15        | 49      | - 0.25        |
| Br Danf-Dmin                      | 53         | <u>+ 0.47</u> | 62       | <u>+ 0.39</u> | 74      | <u>+ 0.66</u> |
| D Danf-Dmin                       | 53         | + 0.14        | 53       | + 0.17        | 69      | + 0.47        |
| Dmax                              | 65         | <u>+ 0.51</u> | 53       | + 0.01        | 57      | + 0.22        |
| Br Dmin-550                       | 67         | <u>+ 0.62</u> | 79       | <u>+ 0.69</u> | 75      | <u>+ 0.81</u> |
| Br 550-Dmax                       | 67         | <u>+ 0.48</u> | 69       | <u>+ 0.44</u> | 72      | <u>+ 0.51</u> |
| D Dmin-Dmax                       | 70         | <u>+ 0.48</u> | 61       | <u>+ 0.24</u> | 54      | + 0.10        |
| Ds                                | 66         | <u>+ 0.44</u> | 52       | - 0.20        | 43      | - 0.02        |
| Br Dmax-Ds                        | 65         | <u>+ 0.65</u> | 63       | + 0.38        | 67      | <u>+ 0.64</u> |
| D Dmax-Ds                         | 70         | <u>+ 0.42</u> | 58       | <u>+ 0.40</u> | 63      | + 0.30        |
| F                                 | 75         | <u>+ 0.60</u> | 82       | <u>+ 0.76</u> | 84      | <u>+ 0.91</u> |
| S                                 | 81         | <u>+ 0.71</u> | 75       | <u>+ 0.58</u> | 88      | <u>+ 0.76</u> |

Beziehungen von Witterungs- zu Profilvermerkmale

Legende:

T = monatliche Durchschnittstemperatur

N = monatliche Niederschlagssummen

GL = Gleichläufigkeitsprozent

r = Korrelationskoeffizient

einfach unterstrichene Werte haben 5 % Zufallswahrscheinlichkeit,  
doppelt unterstrichene Werte haben 0.1 % Zufallswahrscheinlichkeit.

Signifikanzschwellen:

| Gruppe                         | Zufallswahr-<br>scheinlich-<br>keit | Gleichläufigkeits-<br>prozent |    | Korrelations-<br>koeffizient |
|--------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|----|------------------------------|
| Lienzingen,<br>und<br>Gaildorf | 5 %                                 | 60                            | 40 | <u>±</u> 0.24                |
|                                | 0.1 %                               | 69                            | 31 | <u>±</u> 0.39                |
| Ulefoss                        | 5 %                                 | 64                            | 36 | <u>±</u> 0.32                |
|                                | 0.1 %                               | 75                            | 25 | <u>±</u> 0.51                |

| Monat      | Lienzingen      |                 | Gaildorf        |                 | Ulefoss         |                 |
|------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|            | T<br>GL         | N<br>r          | T<br>GL         | N<br>r          | T<br>GL         | N<br>r          |
| Vorjahr    |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
| Mai        | 52              | 57              | 45              | 56              | 37              | 60              |
| Juni       | 55              | 48              | 49              | 48              | 37              | 54              |
| Juli       | 47              | 54              | 52              | 42              | 57 +0.08        | <u>26</u> -0.16 |
| August     | <u>39</u> -0.13 | 50              | 50              | 50              | 58              | 40              |
| Sept.      | 41              | 47              | 47              | 49              | 53              | 48              |
| Oktober    | 43 -0.06        | 40 -0.02        | 54 +0.01        | 47 -0.23        | 57 +0.31        | 57 +0.08        |
| November   | <u>31</u> -0.20 | 50 +0.07        | 43 -0.22        | 49 +0.09        | 60 +0.12        | 43 +0.10        |
| Dezember   | <u>37</u> -0.20 | 43 -0.06        | 57 +0.18        | 50 +0.11        | 51 -0.08        | 57 +0.26        |
| Lauf. Jahr |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
| Januar     | <u>65</u> +0.11 | 47 -0.05        | 55 +0.18        | 45 -0.10        | <u>64</u> +0.12 | 58 +0.18        |
| Februar    | 42 +0.20        | <u>36</u> -0.13 | <u>62</u> +0.33 | 51 +0.12        | 63 +0.31        | 40 +0.08        |
| März       | 50 +0.34        | 56 -0.04        | 59 +0.36        | 48 -0.13        | 60 +0.25        | 48 +0.28        |
| April      | 49 +0.28        | <u>35</u> -0.19 | <u>64</u> +0.31 | 50 -0.27        | <u>66</u> +0.35 | 60 +0.12        |
| Mai        | <u>39</u> -0.19 | <u>37</u> -0.11 | 43 -0.14        | <u>40</u> -0.22 | 57 +0.13        | 43 -0.31        |
| Juni       | <u>37</u> -0.18 | 42              | <u>40</u> -0.20 | 45              | 49              | 49              |
| Juli       | 46              | 43              | 52              | 45              | 39              | 63              |
| August     | 50              | 42              |                 |                 | 52              | 57              |
| Sept.      |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
| Oktober    |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
| November   |                 |                 |                 |                 |                 |                 |

| Monat     | Lienzingen      |                 | Gaildorf               |                 | Ulefoss         |                 |
|-----------|-----------------|-----------------|------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|           | T<br>GL r       | N<br>GL r       | T<br>GL r              | N<br>GL r       | T<br>GL r       | N<br>GL r       |
| Vorjahr   |                 |                 |                        |                 |                 |                 |
| Mai       | <u>40</u> -0.16 | <u>63</u> +0.07 | <u>37</u> -0.19        | 58              | 41              | 58              |
| Juni      | <u>40</u> -0.10 | <u>55</u>       | <u>36</u> -0.18        | 60              | 41              | 51              |
| Juli      | 42              | <u>64</u> +0.11 | 44                     | 52              | 54              | <u>29</u> -0.22 |
| August    | <u>40</u> +0.03 | 50              | 52                     | 45              | 59              | 47              |
| September | 49              | 53              | 57                     | 50              | 57              | 39              |
| Oktober   | <u>38</u> -0.12 | 42 -0.08        | 57 -0.02               | 45 -0.18        | 61 +0.12        | 47 -0.04        |
| November  | 43 +0.04        | 51 -0.05        | 49 -0.11               | <u>64</u> +0.09 | 63 +0.15        | 47 +0.26        |
| Dezember  | 42 -0.18        | 49 -0.11        | 50 -0.13               | 45 -0.02        | 61 -0.03        | 47 +0.27        |
| Lauf.Jahr |                 |                 |                        |                 |                 |                 |
| Januar    | 51 +0.08        | 50 -0.17        | 41 +0.05               | 46 <u>-0.27</u> | 51 +0.09        | 54 +0.16        |
| Februar   | 44 -0.02        | <u>38</u> -0.12 | 59 +0.18               | 49 +0.07        | 51 +0.15        | 43 -0.04        |
| März      | <u>62</u> +0.13 | <u>64</u> +0.04 | 51 +0.16               | 46 <u>-0.27</u> | 60 +0.17        | <u>68</u> +0.30 |
| April     | 55 <u>+0.26</u> | 44 -0.18        | <u>60</u> <u>+0.29</u> | 48 +0.02        | <u>71</u> +0.30 | 60 +0.30        |
| Mai       | <u>40</u> -0.15 | <u>29</u> -0.19 | 47 -0.06               | 43 -0.12        | 62 <u>+0.39</u> | 46 <u>-0.33</u> |
| Juni      | <u>40</u> -0.15 | <u>34</u> -0.11 | 44 -0.22               | <u>37</u> -0.16 | 43 +0.07        | 57 -0.06        |
| Juli      | 50 +0.05        | <u>3</u> -0.07  | 53 +0.07               | 46 -0.06        | 39              | 63              |
| August    | 55 +0.11        | <u>39</u> -0.19 | 52 +0.17               | 45              | 51              | 48              |
| September |                 |                 |                        |                 |                 |                 |
| Oktober   |                 |                 |                        |                 |                 |                 |
| November  |                 |                 |                        |                 |                 |                 |



| Monat      | Lienzingen      |                 | Gaildorf        |                 | Ulefoss                |                        |
|------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------------|------------------------|
|            | T<br>GL r       | N<br>GL r       | T<br>GL r       | N<br>GL r       | T<br>GL r              | N<br>GL r              |
| Vorjahr    |                 |                 |                 |                 |                        |                        |
| Mai        | 45              | <u>39</u> -0.10 | 42              | 50              | 63                     | 51                     |
| Juni       | <u>60</u> +0.09 | 49              | 54              | 42              | 48                     | 49                     |
| Juli       | 45              | 48              | 46              | 50              | 58                     | 43                     |
| August     | 42              | 52              | 51              | 48              | 50                     | 43                     |
| September  | 43              | 48              | 41              | 48              | 43                     | 57                     |
| Oktober    | 59 +0.01        | <u>60</u> -0.01 | <u>34</u> -0.08 | 47 -0.05        | 40 +0.01               | 58 +0.27               |
| November   | 41 -0.14        | 59 +0.08        | 46 -0.05        | <u>40</u> -0.08 | 48 +0.05               | 49 -0.15               |
| Dezember   | 44 -0.07        | <u>32</u> -0.01 | 53 +0.33        | 56 +0.21        | 43 -0.10               | 51 +0.05               |
| Lauf. Jahr |                 |                 |                 |                 |                        |                        |
| Januar     | 42 +0.04        | <u>40</u> +0.05 | <u>60</u> +0.25 | 52 +0.08        | <u>70</u> +0.01        | 48 -0.19               |
| Februar    | 57 <u>+0.28</u> | 50 -0.09        | 58 <u>+0.26</u> | 48 +0.15        | 53 <u>+0.32</u>        | 52 +0.19               |
| März       | 49 <u>+0.29</u> | 47 -0.06        | 57 +0.19        | 43 +0.01        | 48 +0.07               | 41 -0.14               |
| April      | 51 +0.06        | <u>30</u> -0.12 | <u>62</u> +0.13 | 43 <u>-0.27</u> | 41 +0.04               | <u>31</u> <u>-0.39</u> |
| Mai        | 56 -0.17        | <u>61</u> -0.01 | 47 -0.13        | 42 +0.01        | <u>33</u> <u>-0.51</u> | 52 +0.01               |
| Juni       | 43 -0.07        | <u>62</u> +0.16 | 42 -0.17        | 54 -0.10        | 39                     | 50                     |
| Juli       | <u>62</u> +0.20 | 49              | 47 +0.17        | 42              | 43                     | 61                     |
| August     | 43              | <u>60</u> +0.08 | 44              | 48              | 47                     | <u>67</u> +0.25        |
| September  |                 |                 |                 |                 |                        |                        |
| Oktober    |                 |                 |                 |                 |                        |                        |
| November   |                 |                 |                 |                 |                        |                        |

Beziehungen von Witterungsmerkmalen zur Maximaldichte

| Monat     | Lienzingen      |                        | Gaildorf        |                        | Ulefoss         |                        |
|-----------|-----------------|------------------------|-----------------|------------------------|-----------------|------------------------|
|           | T<br>GL         | N<br>r                 | T<br>GL         | N<br>r                 | T<br>GL         | N<br>r                 |
| Vorjahr   |                 |                        |                 |                        |                 |                        |
| Mai       | 42              | 47                     | 59              | 52                     | <u>34</u> -0.39 | <u>66</u> +0.42        |
| Juni      | 46              | 43                     | <u>62</u> +0.06 | 49                     | 50              | 46                     |
| Juli      | 48              | 43                     | 41              | <u>65</u> +0.16        | 53              | 54                     |
| August    | 45              | 48                     | <u>33</u> -0.12 | <u>64</u> +0.15        | 37              | 52                     |
| Sept.     | <u>36</u> -0.09 | 51                     | <u>37</u> -0.22 | <u>60</u> +0.21        | 41              | 54                     |
| Okt.      | 43              | 52                     | 44              | <u>40</u> -0.07        | 49              | 51                     |
| Nov.      | 49              | 57                     | <u>36</u> -0.21 | 46                     | 38              | <u>28</u> -0.21        |
| Dez.      | 43              | 57                     | 42              | 52                     | 45              | 60                     |
| Lauf.Jahr |                 |                        |                 |                        |                 |                        |
| Januar    | 48              | 54                     | <u>60</u> +0.29 | 45                     | <u>33</u> -0.17 | 59                     |
| Febr.     | 50              | 46                     | 57              | <u>38</u> +0.10        | 57 +0.22        | 47 +0.10               |
| März      | 44 +0.11        | 48                     | 45 +0.04        | 42 -0.23               | 62 <u>+0.35</u> | 43 +0.10               |
| April     | 53 +0.16        | 47 +0.06               | <u>63</u> +0.10 | 43 -0.12               | 60 <u>+0.33</u> | 59 +0.16               |
| Mai       | <u>60</u> +0.04 | 55 -0.23               | 51 +0.08        | 47 +0.02               | 47 +0.20        | 56 +0.20               |
| Juni      | 53 -0.14        | <u>60</u> +0.36        | <u>40</u> -0.27 | 47 +0.15               | 59 +0.21        | 39 -0.01               |
| Juli      | 47 <u>-0.36</u> | <u>60</u> <u>+0.42</u> | 56 +0.21        | <u>27</u> <u>-0.24</u> | 54 -0.15        | <u>30</u> -0.08        |
| August    | 53 <u>-0.31</u> | 59 +0.10               | <u>67</u> +0.35 | <u>37</u> -0.21        | 59 +0.03        | 42 -0.06               |
| Sept.     | 54 -0.01        | 45 +0.13               | <u>64</u> +0.36 | <u>33</u> <u>-0.35</u> | 57 +0.18        | <u>26</u> <u>-0.47</u> |
| Okt.      | 55 +0.03        | 44 -0.08               | <u>66</u> +0.29 | <u>40</u> -0.16        | 59 +0.18        | 56 +0.29               |
| Novemb.   | 44 -0.01        | 42 -0.27               | 50 +0.01        | <u>40</u> -0.06        | 69 +0.24        | 53 +0.10               |
| März-Juni |                 |                        |                 |                        | 61 <u>+0.51</u> |                        |

Beziehungen von Witterungsmerkmalen zur "Breite zwischen Minimal-  
dicke und Frühholz-Spätholzgrenze"

| Monat     | Lienzingen      |                        | Gaildorf        |                 | Ulefoss                |                 |
|-----------|-----------------|------------------------|-----------------|-----------------|------------------------|-----------------|
|           | T<br>GL r       | N<br>GL r              | T<br>GL r       | N<br>GL r       | T<br>GL r              | N<br>GL r       |
| Vorjahr   |                 |                        |                 |                 |                        |                 |
| Mai       | 49              | 50                     | 51              | 44              | 47                     | 51              |
| Juni      | 45              | 43                     | 48              | 42              | 51                     | 48              |
| Juli      | 42              | 57                     | 48              | 49              | <u>64</u> -0.15        | 54              |
| August    | <u>40</u> -0.03 | 46                     | 55              | 48              | 51                     | 51              |
| September | 53              | 57                     | 51              | 46              | 38                     | 57              |
| Oktober   | 53              | 46                     | 48              | 44              | 54                     | <u>64</u> +0.44 |
| November  | 46              | 53                     | 51              | 45              | 54                     | 51              |
| Dezember  | <u>62</u> +0.01 | <u>60</u> +0.04        | 41              | <u>40</u> +0.13 | <u>65</u> +0.23        | 60              |
| Lauf.Jahr |                 |                        |                 |                 |                        |                 |
| Januar    | 56              | 57                     | 53              | <u>60</u> +0.10 | 42                     | 56              |
| Februar   | 56 <u>+0.26</u> | 48 -0.01               | 45 -0.01        | 52 -0.01        | <u>65</u> <u>+0.32</u> | 61 +0.29        |
| März      | <u>64</u> +0.10 | <u>62</u> <u>+0.24</u> | 55 -0.11        | 54 +0.02        | <u>65</u> +0.13        | 49 -0.20        |
| April     | <u>60</u> +0.08 | 53 -0.01               | 50 -0.02        | 55 -0.19        | 58 +0.13               | 50 -0.26        |
| Mai       | <u>37</u> -0.20 | 57 +0.11               | 56 +0.06        | 57 <u>+0.24</u> | 40 <u>-0.40</u>        | 55 +0.21        |
| Juni      | 47 -0.13        | 53 +0.18               | 45 <u>-0.28</u> | 55 -0.02        | 48 -0.26               | 44 <u>+0.33</u> |
| Juli      | 48              | 50                     | <u>39</u> -0.13 | 59 +0.08        | 43 -0.10               | 44 +0.03        |
| August    | 54              | 49                     | 43              | <u>61</u> +0.03 | 57                     | 47              |
| September | 45              | 44                     | 52              | 51              | 57                     | 39              |
| Oktober   |                 |                        |                 |                 |                        |                 |
| November  |                 |                        |                 |                 |                        |                 |

Beziehungen von Witterungsmerkmalen zur "Breite zwischen  
Frühholz-Spätholzgrenze und Maximaldichte"

| Monat     | Lienzungen      |                 | Gaildorf        |                 | Ulefoss         |                 |
|-----------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|           | T<br>GL r       | N<br>GL r       | T<br>GL r       | N<br>GL r       | T<br>GL r       | N<br>GL r       |
| Vorjahr   |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
| Mai       | <u>43</u>       | 45              | <u>39</u> -0.14 | 50              | 50              | 47              |
| Juni      | <u>63</u> +0.19 | <u>33</u> -0.21 | 43              | <u>39</u> -0.12 | 38              | <u>64</u> +0.24 |
| Juli      | 54              | <u>30</u> +0.01 | 58              | 46              | 44              | 50              |
| August    | <u>60</u> -0.01 | 53              | 57              | <u>36</u> +0.01 | 50              | 50              |
| September | <u>34</u> -0.23 | 55              | 41              | 43              | 37              | 56              |
| Oktober   | 56              | <u>60</u> +0.21 | 51              | 57              | 50              | 50              |
| November  | 56              | <u>38</u> +0.01 | 49              | 58              | 43              | <u>29</u> -0.35 |
| Dezember  | 45              | 55              | 45              | 49              | 50              | 47              |
| Lauf.Jahr |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
| Januar    | 46              | 54              | 45              | 48              | 49 +0.21        | 60 +0.26        |
| Februar   | 42 +0.02        | 44 -0.10        | 51 +0.12        | 46 +0.21        | 65 +0.41        | 49 +0.10        |
| März      | <u>60</u> +0.09 | 43 -0.15        | 49 +0.01        | 46 -0.08        | 63 +0.55        | 43 +0.15        |
| April     | 43 -0.03        | 50 -0.21        | 55 +0.12        | 50 +0.06        | <u>68</u> +0.37 | 49 -0.16        |
| Mai       | 58 +0.16        | 56 -0.08        | 59 +0.11        | 56 +0.16        | 43 -0.05        | 54 -0.02        |
| Juni      | 43 -0.33        | <u>72</u> +0.35 | 45 -0.08        | <u>62</u> +0.01 | 54 -0.01        | 49 +0.21        |
| Juli      | <u>35</u> -0.37 | <u>70</u> +0.45 | 41 -0.34        | <u>61</u> +0.25 | 47 -0.20        | 51 +0.10        |
| August    | <u>35</u> -0.17 | 45 +0.02        | 47 +0.08        | 52 +0.08        | 40 +0.06        | 51 -0.11        |
| September | <u>63</u> +0.09 | 43              | 53 +0.02        | 49 +0.12        | 55 +0.10        | 46 +0.08        |
| Oktober   | 42              | 42              | <u>61</u> +0.29 | 45              | 57 +0.31        | 50              |
| November  |                 |                 | 50              | 41              |                 |                 |

Beziehungen von Witterungsmerkmalen zum "Anstieg von  
Minimal- zu Maximaldichte"

| Monat     | Lienzingen |              |           |              | Gaildorf  |       |           |              | Ulefoss   |              |           |              |
|-----------|------------|--------------|-----------|--------------|-----------|-------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|
|           | T          |              | N         |              | T         |       | N         |              | T         |              | N         |              |
|           | GL         | r            | GL        | r            | GL        | r     | GL        | r            | GL        | r            | GL        | r            |
| Vorjahr   |            |              |           |              |           |       |           |              |           |              |           |              |
| Mai       | <u>39</u>  | -0.12        | 42        |              | 50        |       | <u>40</u> | +0.06        | 50        |              | <u>64</u> | +0.22        |
| Juni      | 49         |              | <u>39</u> | -0.32        | <u>61</u> | +0.12 | <u>37</u> | -0.11        | 62        |              | 44        |              |
| Juli      | 48         |              | <u>39</u> | -0.08        | <u>38</u> | -0.23 | <u>69</u> | +0.15        | 43        |              | 62        |              |
| August    | 45         |              | 47        |              | 44        |       | <u>61</u> | +0.14        | 44        |              | 44        |              |
| September | <u>38</u>  | -0.12        | 47        |              | 43        |       | <u>63</u> | +0.19        | <u>28</u> | -0.18        | 56        |              |
| Oktober   | 50         |              | 53        |              | 43        |       | 45        |              | 47        |              | 53        |              |
| November  | 53         |              | 59        |              | 43        |       | 51        |              | 37        |              | <u>33</u> | -0.31        |
| Dezember  | 44         |              | 55        |              | 44        |       | 59        |              | 44        |              | 52        |              |
| Lauf.Jahr |            |              |           |              |           |       |           |              |           |              |           |              |
| Januar    | 43         |              | 50        |              | <u>64</u> | +0.14 | 54        |              | <u>32</u> | -0.15        | 46        |              |
| Februar   | 55         |              | 50        | -0.02        | <u>64</u> | +0.06 | 49        |              | 49        | +0.20        | 49        |              |
| März      | 47         | +0.08        | 47        | +0.02        | 49        | -0.10 | 47        |              | 63        | <u>+0.35</u> | 49        |              |
| April     | 57         | -0.19        | 47        | +0.12        | <u>55</u> | +0.05 | <u>36</u> | -0.11        | 57        | <u>+0.34</u> | 54        | -0.01        |
| Mai       | <u>62</u>  | +0.06        | 59        | -0.15        | 48        | +0.11 | 54        | +0.01        | 43        | +0.21        | 57        | +0.20        |
| Juni      | 46         | -0.10        | <u>66</u> | <u>+0.39</u> | <u>37</u> | -0.23 | 55        | <u>+0.26</u> | 63        | +0.10        | <u>34</u> | -0.10        |
| Juli      | 49         | <u>-0.35</u> | 59        | <u>+0.44</u> | 57        | +0.10 | <u>34</u> | -0.18        | <u>69</u> | +0.20        | <u>32</u> | <u>-0.33</u> |
| August    | 48         | <u>-0.31</u> | 54        | +0.04        | <u>64</u> | +0.26 | <u>40</u> | -0.16        | 54        | +0.06        | 49        | -0.12        |
| September | 54         |              | 44        |              | <u>61</u> | +0.27 | <u>31</u> | <u>-0.32</u> | 59        | +0.12        | 37        | -0.21        |
| Oktober   | 55         |              | 44        |              | 59        | +0.18 | 43        | -0.24        | 63        | +0.21        | 54        |              |
| November  |            |              |           |              |           |       |           |              | 62        |              | 48        |              |

Beziehungen von Witterungsmerkmalen zur Schlußdicke

| Monat     | Lienzingen |       |           |       | Gaildorf  |              |           |       | Ulefoss   |       |           |       |
|-----------|------------|-------|-----------|-------|-----------|--------------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|-------|
|           | T          |       | N         |       | T         |              | N         |       | T         |       | N         |       |
|           | GL         | r     | GL        | r     | GL        | r            | GL        | r     | GL        | r     | GL        | r     |
| Vorjahr   |            |       |           |       |           |              |           |       |           |       |           |       |
| Mai       | 54         |       | 45        |       | 44        |              | 47        |       | <u>20</u> | -0.26 | 58        |       |
| Juni      | <u>60</u>  | +0.04 | <u>32</u> | -0.29 | 55        |              | 44        |       | <u>32</u> | -0.13 | <u>67</u> | +0.18 |
| Juli      | 49         |       | 44        |       | <u>39</u> | -0.01        | 55        |       | <u>34</u> | -0.07 | 57        |       |
| August    | 43         |       | 52        |       | 42        |              | 56        |       | 48        |       | <u>70</u> | +0.19 |
| September | 45         |       | 57        |       | <u>31</u> | -0.12        | 53        |       | 37        |       | 56        |       |
| Oktober   | <u>40</u>  | -0.01 | 54        |       | 48        |              | 44        |       | 53        |       | 41        |       |
| November  | 51         |       | 53        |       | <u>34</u> | -0.26        | 55        |       | 54        |       | 44        |       |
| Dezember  | 49         |       | 56        |       | 42        |              | 52        |       | 48        |       | 53        |       |
| Lauf.Jahr |            |       |           |       |           |              |           |       |           |       |           |       |
| Januar    | 49         |       | 54        |       | 45        |              | 40        |       | 51        |       | 51        |       |
| Februar   | 52         |       | 48        |       | 47        |              | 48        |       | 49        |       | 38        |       |
| März      | 45         |       | <u>39</u> | -0.18 | 57        |              | 45        |       | 46        | +0.29 | 45        |       |
| April     | <u>61</u>  | -0.07 | 52        |       | 50        |              | <u>40</u> |       | 49        | +0.29 | 43        |       |
| Mai       | 55         |       | 52        |       | 52        |              | 48        |       | 62        | +0.25 | 46        |       |
| Juni      | 49         |       | <u>62</u> | +0.32 | 40        | -0.12        | 54        | +0.07 | 60        | -0.31 | <u>32</u> | -0.35 |
| Juli      | 47         | -0.31 | <u>61</u> | +0.37 | 55        | +0.17        | <u>39</u> | -0.22 | 53        | +0.11 | <u>28</u> | -0.37 |
| August    | 52         | -0.13 | 46        | -0.04 | <u>61</u> | +0.38        | <u>40</u> | -0.29 | 51        | +0.36 | <u>26</u> | -0.25 |
| September | 52         | +0.05 | 47        | +0.06 | <u>66</u> | <u>+0.44</u> | <u>39</u> | -0.25 | 59        | +0.30 | 38        | -0.48 |
| Oktober   | 59         | +0.07 | <u>38</u> | -0.19 | <u>61</u> | +0.23        | 44        | -0.21 | 51        | +0.04 | 52        | +0.18 |
| November  | 45         | -0.13 | 42        | -0.26 | 55        | +0.04        | 41        | +0.13 | 55        | +0.04 | 57        | +0.25 |

Beziehungen von Witterungsmerkmalen zur "Breite zwischen  
Maximal- und Schlußdichte"

| Monat      | Lienzingen |       |    |       | Gaildorf |       |    |       | Ulefoss |       |    |       |
|------------|------------|-------|----|-------|----------|-------|----|-------|---------|-------|----|-------|
|            | T          |       | N  |       | T        |       | N  |       | T       |       | N  |       |
|            | GL         | r     | GL | r     | GL       | r     | GL | r     | GL      | r     | GL | r     |
| Vorjahr    |            |       |    |       |          |       |    |       |         |       |    |       |
| Mai        | 42         |       | 52 |       | 43       |       | 59 |       | 47      |       | 51 |       |
| Juni       | 44         |       | 55 |       | 56       |       | 52 |       | 58      |       | 25 | -0.30 |
| Juli       | 48         |       | 41 |       | 45       |       | 51 |       | 70      | -0.08 | 42 |       |
| August     | 45         |       | 34 | +0.06 | 53       |       | 45 |       | 54      |       | 51 |       |
| Septemb.   | 45         |       | 45 |       | 44       |       | 60 | +0.22 | 44      |       | 37 |       |
| Oktober    | 51         |       | 47 |       | 44       |       | 45 |       | 60      |       | 54 |       |
| November   | 44         |       | 49 |       | 53       |       | 44 |       | 56      |       | 60 |       |
| Dezember   | 51         |       | 46 |       | 46       |       | 57 |       | 60      |       | 58 |       |
| lauf. Jahr |            |       |    |       |          |       |    |       |         |       |    |       |
| Januar     | 52         |       | 48 |       | 65       | +0.16 | 60 | +0.20 | 47      |       | 55 |       |
| Februar    | 51         |       | 49 |       | 50       |       | 44 |       | 42      | +0.11 | 52 |       |
| März       | 50         |       | 48 |       | 52       |       | 61 | +0.25 | 70      | +0.05 | 52 |       |
| April      | 44         |       | 52 |       | 47       |       | 46 |       | 48      | +0.01 | 45 |       |
| Mai        | 53         |       | 49 |       | 50       |       | 48 |       | 58      | -0.04 | 47 | +0.04 |
| Juni       | 62         | +0.16 | 58 | +0.18 | 43       |       | 54 | +0.15 | 47      | -0.02 | 66 | +0.49 |
| Juli       | 43         | -0.15 | 66 | +0.27 | 43       | -0.22 | 61 | +0.21 | 34      | -0.48 | 67 | +0.34 |
| August     | 31         | -0.51 | 78 | +0.51 | 52       | -0.33 | 64 | +0.34 | 50      | -0.35 | 61 | +0.31 |
| Septemb.   | 51         | -0.27 | 55 | +0.12 | 56       | -0.24 | 47 | +0.05 | 43      | -0.10 | 50 | -0.05 |
| Oktober    | 44         | +0.02 | 50 | +0.07 | 48       | +0.07 | 51 | +0.05 | 36      | +0.11 | 59 | +0.33 |
| November   | 48         | +0.01 | 55 | +0.05 | 50       | +0.01 | 49 | +0.05 | 54      | -0.15 | 52 | +0.18 |

Beziehungen von Witterungsmerkmalen zum "Abfall von  
Maximal- zu Schlußdichte"

| Monat      | Lienzingen |              |           |              | Gaildorf  |              |           |              | Ulefoss   |       |           |              |
|------------|------------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|-------|-----------|--------------|
|            | T<br>GL    | r            | N<br>GL   | r            | T<br>GL   | r            | N<br>GL   | r            | T<br>GL   | r     | N<br>GL   | r            |
| Vorjahr    |            |              |           |              |           |              |           |              |           |       |           |              |
| Mai        | 50         |              | 49        |              | 44        |              | 47        |              | 50        |       | 54        |              |
| Juni       | 43         |              | 48        |              | 48        |              | 53        |              | 54        |       | <u>15</u> | -0.41        |
| Juli       | 48         |              | <u>40</u> | -0.03        | 44        |              | 52        |              | <u>68</u> | +0.15 | 41        |              |
| August     | 49         |              | 43        |              | <u>40</u> | +0.02        | 50        |              | 44        |       | 47        |              |
| Sept.      | <u>38</u>  | -0.09        | 44        |              | 51        |              | 53        |              | 49        |       | <u>32</u> |              |
| Oktober    | 45         |              | 52        |              | <u>38</u> | -0.16        | 42        |              | 47        |       | 50        |              |
| November   | 46         |              | 52        |              | <u>60</u> | +0.14        | 50        |              | 45        |       | 44        |              |
| Dezember   | <u>40</u>  | +0.02        | 57        |              | 47        |              | 55        |              | 47        |       | 53        |              |
| lauf. Jahr |            |              |           |              |           |              |           |              |           |       |           |              |
| Januar     | 45         |              | 49        |              | <u>66</u> | +0.31        | <u>65</u> | +0.28        | 46        |       | 57        |              |
| Februar    | 46         |              | 46        |              | 52        |              | 59        |              | 43        |       | 54        |              |
| März       | 51         |              | 49        |              | 47        |              | 56        |              | 54        | +0.04 | 43        |              |
| April      | 50         |              | 53        |              | 45        |              | <u>61</u> | +0.24        | 49        | -0.07 | 51        |              |
| Mai        | <u>62</u>  | -0.11        | 54        |              | <u>38</u> | -0.20        | 56        |              | 49        |       | 57        |              |
| Juni       | 50         | -0.08        | 58        | <u>+0.25</u> | 48        | -0.03        | 49        | -0.04        | 40        | -0.16 | <u>74</u> | <u>+0.46</u> |
| Juli       | 43         | <u>-0.32</u> | <u>62</u> | <u>+0.35</u> | <u>40</u> | -0.18        | 53        | +0.15        | <u>36</u> | -0.38 | 60        | +0.29        |
| August     | <u>40</u>  | <u>-0.30</u> | <u>66</u> | +0.16        | 49        | <u>-0.28</u> | 57        | <u>+0.32</u> | 54        | -0.24 | 63        | +0.20        |
| Sept.      | 55         | +0.20        | 54        | +0.18        | <u>36</u> | <u>-0.34</u> | 51        | +0.16        | 39        | -0.26 | 47        | +0.10        |
| Oktober    | 56         | -0.09        | 48        | -0.01        | 48        | -0.08        | 58        | <u>+0.32</u> | 40        | +0.09 | 43        | +0.17        |
| November   | 46         | +0.01        | 50        | -0.15        | 41        | +0.03        | 47        | -0.17        | 49        | +0.11 | 52        | -0.13        |

## Anlage 31

# Beziehungen von Witterungsmerkmalen zur Frühholzbreite

| Monat     | Lienzingen             |                 | Gaildorf        |           | Ulefoss         |                 |
|-----------|------------------------|-----------------|-----------------|-----------|-----------------|-----------------|
|           | T<br>GL r              | N<br>GL r       | T<br>GL r       | N<br>GL r | T<br>GL r       | N<br>GL r       |
| Vorjahr   |                        |                 |                 |           |                 |                 |
| Mai       | 51                     | 45              | 51              | 45        | 61              | 46              |
| Juni      | 57                     | 43              | 49              | 47        | 48              | 53              |
| Juli      | <u>38</u> -0.05        | 57              | 49              | 52        | 59              | 49              |
| August    | 42                     | 51              | 54              | 47        | 51              | 47              |
| September | 53                     | 56              | 53              | 45        | 47              | 45              |
| Oktober   | 51                     | 54              | 51              | 48        | 51              | 63              |
| November  | 45                     | <u>67</u> +0.16 | 53              | 46        | 53              | 53              |
| Dezember  | 54                     | 52              | 44 -0.03        | 47        | 50              | 63              |
| lauf.Jahr |                        |                 |                 |           |                 |                 |
| Januar    | 58 +0.11               | 49 -0.05        | 51 +0.17        | 57        | 61              | 50              |
| Februar   | <u>64</u> +0.35        | 52 -0.02        | 49 +0.10        | 51        | <u>69</u> +0.38 | <u>64</u> +0.28 |
| März      | <u>66</u> <u>+0.41</u> | 55 +0.14        | 57 +0.03        | 55        | 53 +0.15        | 38 -0.14        |
| April     | <u>61</u> +0.18        | 46 +0.04        | 53 +0.10        | 50 -0.14  | 61 +0.06        | 41 -0.23        |
| Mai       | <u>40</u> -0.21        | 54 +0.06        | 54 -0.03        | 51 +0.18  | 34 <u>-0.52</u> | 47 +0.23        |
| Juni      | 42 -0.20               | <u>67</u> +0.21 | 45 <u>-0.28</u> | 49 -0.10  | 43 -0.23        | 57 <u>+0.38</u> |
| Juli      | 47                     | 51              | 48 -0.10        | 52 +0.01  | 43              | 61 -0.10        |
| August    | 50                     | 45              | 45 +0.09        | 52        | 56              | 52              |
| September | 42                     | 50              | 45              | 58        | 49              | 55              |
| Oktober   |                        |                 | 48              |           |                 |                 |
| November  |                        |                 |                 |           |                 |                 |

Beziehungen von Witterungsmerkmalen zur Spätholzbreite

| Monat      | Lienzingen      |   |                 |   | Gaildorf        |   |                 |   | Ulefoss         |   |                 |   |
|------------|-----------------|---|-----------------|---|-----------------|---|-----------------|---|-----------------|---|-----------------|---|
|            | T               | N | T               | N | T               | N | T               | N | T               | N | T               | N |
|            | GL              | r | GL              | r | GL              | r | GL              | r | GL              | r | GL              | r |
| Vorjahr    |                 |   |                 |   |                 |   |                 |   |                 |   |                 |   |
| Mai        | 46              |   | 56              |   | <u>40</u> -0.12 |   | 47              |   | 50              |   | 57              |   |
| Juni       | 58              |   | 44              |   | 48              |   | 46              |   | 45              |   | 50              |   |
| Juli       | 50              |   | <u>39</u> -0.01 |   | 48              |   | 49              |   | 58              |   | 44              |   |
| August     | 57              |   | 46              |   | 53              |   | <u>40</u> -0.06 |   | 53              |   | 48              |   |
| September  | <u>34</u> -0.19 |   | 52              |   | 49              |   | 57              |   | 37              |   | <u>34</u> +0.15 |   |
| Oktober    | 52              |   | 55              |   | 44              |   | 56              |   | 53              |   | 59              |   |
| November   | 51              |   | 48              |   | <u>61</u> +0.01 |   | 57              |   | 48              |   | <u>31</u> -0.27 |   |
| Dezember   | 46              |   | 55              |   | 45              |   | 52              |   | 53              |   | 59              |   |
| lauf. Jahr |                 |   |                 |   |                 |   |                 |   |                 |   |                 |   |
| Januar     | 45              |   | 54              |   | 53              |   | 55              |   | 46              |   | 54              |   |
| Februar    | 45              |   | 42              |   | 57              |   | 48              |   | 60              |   | 52              |   |
| März       | 53              |   | 42              |   | 50              |   | 50              |   | <u>66</u> +0.15 |   | 41              |   |
| April      | 49              |   | 54              |   | 58              |   | 53              |   | 62              |   | 49              |   |
| Mai        | <u>61</u> -0.12 |   | 56 -0.04        |   | <u>62</u> +0.04 |   | <u>61</u> +0.09 |   | 48 -0.12        |   | 52              |   |
| Juni       | 50 -0.11        |   | <u>63</u> +0.35 |   | 47 -0.04        |   | 59 +0.18        |   | 54 -0.12        |   | 60 +0.40        |   |
| Juli       | <u>37</u> -0.31 |   | <u>70</u> +0.47 |   | <u>37</u> -0.28 |   | <u>62</u> +0.36 |   | 45 -0.36        |   | 60 +0.10        |   |
| August     | <u>31</u> -0.23 |   | <u>60</u> +0.25 |   | 44 -0.23        |   | <u>62</u> +0.20 |   | 46 -0.05        |   | 60              |   |
| September  | 59 -0.04        |   | 44 +0.14        |   | 48 -0.12        |   | 50 +0.11        |   | 51 +0.04        |   | 54              |   |
| Oktober    | 49              |   | 45              |   | 57 +0.13        |   | 50 +0.12        |   | 50              |   | 51              |   |
| November   | 50              |   | 53              |   | 48 +0.09        |   | 44 -0.17        |   | 56              |   | 49              |   |

Anlage 3n

Beziehungen von Witterungsmerkmalen zur Gesamtbreite

| Monat                        | Lienzingen |        |           |                | Gaildorf  |        |    |                | Ulefoss   |        |    |                |
|------------------------------|------------|--------|-----------|----------------|-----------|--------|----|----------------|-----------|--------|----|----------------|
|                              | GL         | T<br>r | GL        | N<br>r         | GL        | T<br>r | GL | N<br>r         | GL        | T<br>r | GL | N<br>r         |
| Vorjahr                      |            |        |           |                |           |        |    |                |           |        |    |                |
| Mai                          | 45         |        | 48        |                | 55        |        | 48 |                | 54        |        | 38 |                |
| Juni                         | 55         |        | <u>39</u> | -0.04          | 47        |        | 42 |                | 47        |        | 53 |                |
| Juli                         | 44         |        | 46        |                | 46        |        | 50 |                | 56        |        | 41 |                |
| August                       | 46         |        | 50        | -0.05          | 54        |        | 42 |                | 46        |        | 49 |                |
| September                    | 44         |        | 55        | +0.22          | 49        |        | 53 |                | 40        |        | 47 |                |
| Oktober                      | 45         |        | 58        | +0.10          | 47        |        | 53 |                | 62        |        | 60 |                |
| November                     | 51         |        | 53        | +0.13          | 53        |        | 51 |                | 51        |        | 43 |                |
| Dezember                     | 46         |        | 54        |                | 44        |        | 53 |                | 56        |        | 62 |                |
| lauf.Jahr                    |            |        |           |                |           |        |    |                |           |        |    |                |
| Januar                       | 56         |        | 53        |                | 56        | +0.18  | 58 |                | 48        |        | 57 |                |
| Februar                      | 56         | +0.33  | 54        |                | 54        | +0.18  | 52 |                | <u>65</u> | +0.43  | 53 |                |
| März                         | 59         | +0.20  | 47        |                | 57        | +0.23  | 52 |                | <u>69</u> | +0.31  | 42 |                |
| April                        | 55         | +0.02  | 56        | +0.10          | 54        | -0.13  | 55 |                | 58        | +0.28  | 46 |                |
| Mai                          | 49         | -0.25  | <u>65</u> | -0.06          | 54        | -0.01  | 55 | +0.16          | 45        | -0.46  | 54 | +0.25          |
| Juni                         | 44         | -0.34  | <u>65</u> | +0.38          | 44        | -0.23  | 58 | +0.05          | 48        | -0.18  | 54 | +0.45          |
| Juli                         | 43         | -0.17  | <u>62</u> | +0.20          | <u>40</u> | -0.24  | 59 | +0.21          | 45        | -0.37  | 59 | -0.06          |
| August                       | <u>35</u>  | +0.04  | 60        | +0.19          | 41        | -0.16  | 57 | +0.21          | 46        |        | 63 |                |
| September                    | 48         |        | 48        |                | 46        |        | 52 |                | 51        |        | 54 |                |
| Oktober                      | 50         |        | 50        |                | 52        |        | 47 |                | 51        |        | 52 |                |
| November                     | 48         |        | 50        |                | 45        |        | 44 |                | 59        |        | 52 |                |
| Okt.Vorjahr<br>bis September |            |        |           | +0.44<br>===== |           |        |    | +0.31<br>===== |           |        |    | +0.40<br>===== |

Anlage 4

Korrelationen (r) und Gleichläufigkeitsprozente (GL) zwischen denselben Merkmalen verschiedener Untersuchungsgruppen (dendrochronologische Ergebnisse)  
- Vergleich von Einzelmerkmalen -

Signifikanzschwellen:

| Verglichene Gruppen               | Zufallswahrscheinlichkeit | Gleichläufigkeitsprozent |       | Korrelationskoeffizient |        |
|-----------------------------------|---------------------------|--------------------------|-------|-------------------------|--------|
|                                   |                           | 5 %                      | 0.1 % | 5 %                     | 0.1 %  |
| Lienzingen/Gaildorf               |                           |                          |       |                         |        |
| Lienzingen/Krauchthal             |                           | 60                       | 69    | + 0.24                  | + 0.39 |
| Gaildorf/Krauchthal               |                           |                          |       |                         |        |
| Lienzingen/Fessenheim             |                           |                          |       |                         |        |
| Gaildorf/Fessenheim               |                           |                          |       |                         |        |
| Lienzingen/Charmes                |                           |                          |       |                         |        |
| Gaildorf/Charmes                  |                           | 62                       | 73    | + 0.29                  | + 0.43 |
| Krauchthal/Fessenheim             |                           |                          |       |                         |        |
| Krauchthal/Charmes                |                           |                          |       |                         |        |
| alle mitteleurop. Gruppen/Ulefoss |                           | 64                       | 75    | + 0.32                  | + 0.51 |

Korrelationen (r) und Gleichläufigkeiten (GL) zwischen den Untersuchungsgruppen (dendrochronologische Ergebnisse) - Vergleich von Einzelmerkmalen

| Profil-<br>merkmal | Untersuchungs-<br>gruppe | Lien-<br>zin-<br>gen |           | Gail-<br>dorf |           | Ule-<br>foss |           | Fes-<br>sen-<br>heim |           | Char-<br>mes |    |
|--------------------|--------------------------|----------------------|-----------|---------------|-----------|--------------|-----------|----------------------|-----------|--------------|----|
|                    |                          | r                    | GL        | r             | GL        | r            | GL        | r                    | GL        | r            | GL |
| Danf               | Gaildorf                 | <u>0,39</u>          | <u>64</u> |               |           |              |           |                      |           |              |    |
|                    | Ulefoss                  | <u>0,13</u>          | <u>57</u> | 0,07          | 61        |              |           |                      |           |              |    |
| Dmin               | Gaildorf                 | <u>0,36</u>          | <u>68</u> |               |           |              |           |                      |           |              |    |
|                    | Ulefoss                  | <u>-0,10</u>         | <u>49</u> | 0,08          | <u>74</u> |              |           |                      |           |              |    |
|                    | Fessenheim               | <u>0,39</u>          | <u>71</u> | <u>0,39</u>   | <u>56</u> | -0,14        | 41        |                      |           |              |    |
|                    | Charmes                  | <u>0,46</u>          | <u>65</u> | <u>0,32</u>   | <u>67</u> | 0,10         | 64        | 0,15                 | <u>69</u> |              |    |
| Br Danf-<br>Dmin   | Gaildorf                 | <u>-0,12</u>         | <u>54</u> |               |           |              |           |                      |           |              |    |
|                    | Ulefoss                  | <u>0,07</u>          | <u>53</u> | 0,16          | 53        |              |           |                      |           |              |    |
| D Danf-<br>Dmin    | Gaildorf                 | <u>-0,12</u>         | <u>49</u> |               |           |              |           |                      |           |              |    |
|                    | Ulefoss                  | <u>-0,07</u>         | <u>61</u> | 0,19          | 53        |              |           |                      |           |              |    |
| D max              | Gaildorf                 | <u>0,09</u>          | <u>53</u> |               |           |              |           |                      |           |              |    |
|                    | Ulefoss                  | <u>0,06</u>          | <u>61</u> | 0,22          | <u>73</u> |              |           |                      |           |              |    |
|                    | Fessenheim               | <u>0,45</u>          | <u>63</u> | 0,10          | 41        | 0,10         | 56        |                      |           |              |    |
|                    | Charmes                  | <u>0,48</u>          | <u>64</u> | <u>0,47</u>   | <u>66</u> | 0,28         | 61        | 0,14                 | 51        |              |    |
|                    | Krauchthal               | <u>0,47</u>          | <u>73</u> | <u>-0,06</u>  | <u>41</u> | -0,06        | 44        | <u>0,57</u>          | <u>78</u> | 0,07         | 50 |
| Br Dmin-<br>55o    | Gaildorf                 | <u>0,33</u>          | <u>61</u> |               |           |              |           |                      |           |              |    |
|                    | Ulefoss                  | <u>0,25</u>          | <u>62</u> | 0,16          | 53        |              |           |                      |           |              |    |
| Br 55o-<br>Dmax    | Gaildorf                 | <u>0,23</u>          | <u>61</u> |               |           |              |           |                      |           |              |    |
|                    | Ulefoss                  | <u>0,10</u>          | <u>54</u> | <u>0,44</u>   | <u>74</u> |              |           |                      |           |              |    |
| D Dmin-<br>Dmax    | Gaildorf                 | <u>0,19</u>          | <u>65</u> |               |           |              |           |                      |           |              |    |
|                    | Ulefoss                  | <u>0,02</u>          | <u>60</u> | <u>0,63</u>   | <u>77</u> |              |           |                      |           |              |    |
|                    | Fessenheim               | <u>0,54</u>          | <u>66</u> | 0,10          | 55        | 0,10         | 50        |                      |           |              |    |
|                    | Charmes                  | <u>0,55</u>          | <u>77</u> | 0,41          | <u>73</u> | 0,14         | <u>67</u> | 0,33                 | 58        |              |    |
| Ds                 | Gaildorf                 | <u>0,18</u>          | <u>57</u> |               |           |              |           |                      |           |              |    |
|                    | Ulefoss                  | <u>0,05</u>          | <u>53</u> | 0,24          | 54        |              |           |                      |           |              |    |
| Br Dmax-<br>Ds     | Gaildorf                 | <u>0,55</u>          | <u>63</u> |               |           |              |           |                      |           |              |    |
|                    | Ulefoss                  | <u>-0,07</u>         | <u>53</u> | -0,08         | 47        |              |           |                      |           |              |    |
| D Dmax-<br>Ds      | Gaildorf                 | <u>0,18</u>          | <u>58</u> |               |           |              |           |                      |           |              |    |
|                    | Ulefoss                  | <u>0,26</u>          | <u>57</u> | 0,04          | 43        |              |           |                      |           |              |    |
| F                  | Gaildorf                 | <u>0,30</u>          | <u>64</u> |               |           |              |           |                      |           |              |    |
|                    | Ulefoss                  | <u>0,23</u>          | <u>61</u> | -0,01         | 54        |              |           |                      |           |              |    |
| S                  | Gaildorf                 | <u>0,53</u>          | <u>67</u> |               |           |              |           |                      |           |              |    |
|                    | Ulefoss                  | <u>0,22</u>          | <u>68</u> | 0,23          | 61        |              |           |                      |           |              |    |
| Br                 | Gaildorf                 | <u>0,48</u>          | <u>67</u> |               |           |              |           |                      |           |              |    |
|                    | Ulefoss                  | <u>0,12</u>          | <u>56</u> | 0,06          | 51        |              |           |                      |           |              |    |
|                    | Fessenheim               | <u>0,36</u>          | <u>71</u> | 0,19          | <u>62</u> | 0,14         | 52        |                      |           |              |    |
|                    | Charmes                  | <u>0,43</u>          | <u>71</u> | <u>0,39</u>   | <u>69</u> | 0,10         | <u>63</u> | <u>0,46</u>          | <u>72</u> |              |    |

Zufallswahrscheinlichkeiten: einfach unterstrichen 5 %  
doppelt unterstrichen 0.1 %  
=====

Anlage 5

Abhängigkeiten zwischen den Gleichläufigkeiten verschiedener Merkmale - Phi-Koeffizienten nach Formel (9) -

| Verglichene Gruppen       | Verglichene Merkmale                      |                          |                          |
|---------------------------|-------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
|                           | Minimal-<br>dichte/<br>Maximal-<br>dichte | Minimaldichte/<br>Breite | Maximaldichte/<br>Breite |
| Lienzingen/<br>Gaildorf   | 0.10                                      | 0.01                     | - 0.04                   |
| Lienzingen/<br>Ulefoss    | 0.01                                      | 0.09                     | - 0.24                   |
| Lienzingen/<br>Fessenheim | 0.20                                      | 0.03                     | 0.21                     |
| Lienzingen/<br>Charmes    | 0.05                                      | 0.06                     | 0.14                     |
| Gaildorf/<br>Ulefoss      | - 0.09                                    | 0.01                     | 0.06                     |
| Gaildorf/<br>Fessenheim   | 0.08                                      | - 0.16                   | 0.25                     |
| Gaildorf/<br>Charmes      | - 0.10                                    | - 0.05                   | 0.21                     |
| Ulefoss/<br>Fessenheim    | 0.25                                      | 0.03                     | 0.18                     |
| Ulefoss/<br>Charmes       | 0.06                                      | 0.23                     | - 0.01                   |
| Fessenheim/<br>Charmes    | 0.04                                      | 0.21                     | 0.22                     |
| Maximaler<br>Phi-Wert     | 0.25                                      | 0.23                     | 0.25                     |

Anlage 6

Gleichläufigkeitsprozente zwischen Witterungsmerkmal des  
laufenden Jahres und selbem Merkmal des Vorjahres

| Monat     | Untersuchungsgruppe  | Temperatur | Niederschlag |
|-----------|----------------------|------------|--------------|
| Mai       | Lienzingen, Gaildorf | 31         | 38           |
|           | Ulefoss              | 31         | 44           |
| Juni      | Lienzingen, Gaildorf | 27         | 27           |
|           | Ulefoss              | 41         | 26           |
| Juli      | Lienzingen, Gaildorf | 34         | 25           |
|           | Ulefoss              | 21         | 35           |
| August    | Lienzingen, Gaildorf | 34         | 25           |
|           | Ulefoss              | 30         | 29           |
| September | Lienzingen, Gaildorf | 21         | 28           |
|           | Ulefoss              | 30         | 29           |



## Lebenslauf

Am 20. September 1942 wurde ich in Reutlingen als viertes Kind von Dr. Max von der Kall und Otti von der Kall, geb. Langbein geboren.

Mein Elternhaus war von 1942 bis 1950 in Sulzbach am Kocher, seit 1950 in Mannheim. Ich besuchte die Volksschule in Sulzbach und Mannheim, dann das Karl-Friedrich-Gymnasium in Mannheim; dort legte ich 1961 das Abitur ab.

Seit 1967 bin ich mit Margit von der Kall, geb. Hanto, verheiratet. Wir haben vier Kinder.

Vom Sommersemester 1961 bis zum Wintersemester 1965/66 studierte ich Forstwissenschaften an den Universitäten in Freiburg und München sowie an der Französischen Forsthochschule in Nancy. Das Hochschulschlußexamen legte ich in Freiburg nach Abschluß des Wintersemesters 1965/66 ab.

Von 1966 bis 1970 war ich - unterbrochen durch 18 Monate Wehrdienst - Referendar im Bereich der Landesforstverwaltung Baden-Württemberg. Seit der Großen Forstlichen Staatsprüfung im Jahr 1970 bin ich Beamter bei der Landesforstverwaltung Baden-Württemberg. Ich arbeitete bisher als Forsteinrichter, als Referent im Personalreferat der Forstdirektion Stuttgart und als Leiter der Organisationsgruppe. Seit Juli dieses Jahres bin ich Leiter des Forstamts Güglingen

(Tilman von der Kall)

an der Regierung 1895 wurde ich in Berlin zum ersten Mal  
mit der Regierung in Berlin und Berlin zum ersten Mal  
mit der Regierung in Berlin und Berlin zum ersten Mal

Die Regierung in Berlin und Berlin zum ersten Mal  
mit der Regierung in Berlin und Berlin zum ersten Mal  
mit der Regierung in Berlin und Berlin zum ersten Mal

Die Regierung in Berlin und Berlin zum ersten Mal  
mit der Regierung in Berlin und Berlin zum ersten Mal  
mit der Regierung in Berlin und Berlin zum ersten Mal

Von der Regierung in Berlin und Berlin zum ersten Mal  
mit der Regierung in Berlin und Berlin zum ersten Mal  
mit der Regierung in Berlin und Berlin zum ersten Mal

Die Regierung in Berlin und Berlin zum ersten Mal  
mit der Regierung in Berlin und Berlin zum ersten Mal  
mit der Regierung in Berlin und Berlin zum ersten Mal  
mit der Regierung in Berlin und Berlin zum ersten Mal  
mit der Regierung in Berlin und Berlin zum ersten Mal  
mit der Regierung in Berlin und Berlin zum ersten Mal  
mit der Regierung in Berlin und Berlin zum ersten Mal



